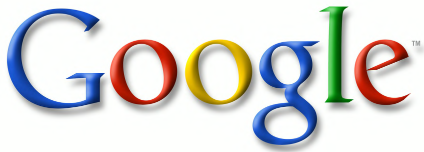
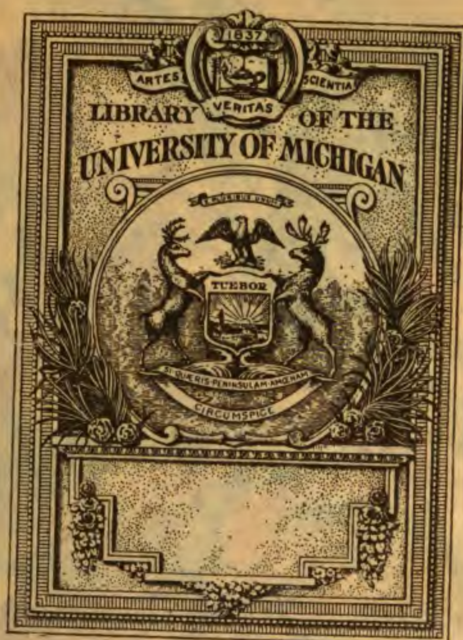




1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



LEÇONS
DE PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE;

Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, &c. Maître de Physique & d'Histoire Naturelle des Enfants de France, & Professeur Royal de Physique Expérimentale au College de Navarre.*

TOME CINQUIEME.

Troisieme Edition.



A PARIS,

Chez HIPPOLYTE-LOUIS GUERIN, & LOUIS-FRANÇOIS DELATOUR, rue S. Jacques; à S. Thomas d'Aquin.

M. DCC. LXV.

Avec Approbation & Privilege du Roi.



AVERTISSEMENT.

CET Ouvrage ayant eu le bonheur de plaire au public ; je me ſuis appliqué de plus en plus à le rendre digne de ſon ſuffrage. Je veille moi-même très-ſoigneuſement à l'impreſſion & à la réimpreſſion des Volumes, pour les rendre corrects, & je n'épargne rien pour le papier, les deſſeins & la gravûre ; mais je vois avec chagrin que ces attentions de ma part n'ont pas tout le ſuccès que j'en attendois. Il ſe répand en France & dans les Pays Etrangers des exemplaires contrefaits qui fourmillent de fautes, & qui ſe reſſentent, on ne peut pas plus, de la diſette où

l'on eſt en province de Correcteurs intelligents, exacts, & de Graveurs propres à ces ſortes d'Ouvrages. Je ſupplie donc les perſonnes qui auront fait emplette de ces mauvaiſes copies, de vouloir bien ne me point imputer les négligences, les obſcurités, les omiſſions, les contreſens qu'elles y trouveront ; je déſavoue entiérement ces Editions furtives, & ne reconnois pour mon Ouvrage, que ce qui eſt contenu dans celles qui ſe font ſous mes yeux, à Paris, chez les ſieurs *Guerin* & *Delatour*.

Ces mêmes Libraires m'ont repréſenté que ce cinquiéme Tome de mes Leçons de Phyſique ayant 100 pages d'impreſſion, & 4 ou 5 planches en taille-douce, plus que les précédens ;

il ne leur étoit pas possible de le vendre au prix ordinaire, j'ai consenti à une augmentation de 10 s. pour ce Volume seulement, & sans tirer à conséquence pour les autres; de sorte, qu'au lieu de 2 liv. 10 s. il se vendra 3 liv. en feuilles, & 3 liv. 2 s. 6 d. broché.



EXTRAIT DES REGISTRES *de l'Académie Royale des Sciences.*

Du 15. Mars 1754.

M. DE REAUMUR & moi, qui avons été nommés le 3 Août 1754, pour examiner *le cinquieme Volume des Leçons de Physique Expérimentale* de M. l'Abbé Nollet; en ayant fait notre rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impression : en foi de quoi j'ai signé le présent Certificat. A Paris, ce 15 Mars 1755.

GRANDJEAN DE FOUCHY,
Secretaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.



AVIS AU RELIEUR.

Les Planches doivent être placées de maniere qu'en s'ouvrant elles puissent sortir entiérement du Livre, & se voir à droite dans l'ordre qui suit.

TOME CINQUIEME.

	Pages.	*Planches.*
XV. LEÇON.	64	1
	78	2
	116	3
	138	4
XVI. LEÇON.	178	1
	194	2
	206	3
	226	4
	242	5
	270	6
	294	7
	310	8
	318	9
	334	10
XVII. LEÇON.	362	1
	376	2
	402	3
	426	4
	480	5
	528	6
	550	7
	556	8
	566	9
	580	10

LEÇONS



LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.



XV. LEÇON.

Sur la Lumiére.

PLUS nous avançons dans l'étude de la nature, plus nous sommes frappés de la grandeur & du nombre des merveilles qui s'y rencontrent. Dans les deux derniéres Leçons nous avons vu comment tout subsiste & se conserve au milieu d'un élément capable de tout détruire, de tout consumer: nous avons vu le feu intimément mêlé avec toutes les autres substances matérielles sans que rien périsse par

XV. LEÇON.

son action spontanée ; parce que cette action toujours trop foible d'elle-même & comme assoupie, ne peut être excitée ou augmentée que par certains moyens dont l'homme, est seul dépositaire parmi tant d'êtres animés qui en ressentent comme lui les effets. Présentement, il s'agit d'un fluide, qui nous faisant passer dans un clin d'œil des plus épaisses ténébres à cet état inexprimable qu'on nomme clarté, nous donne presque une autre existence, nous fait sortir, pour ainsi dire, hors de nous-mêmes, pour aller au-devant des objets les plus éloignés, & pour entrer en commerce avec eux. La *lumiére* qui nous procure ces grands avantages nous rend encore capables de diriger nos mouvemens avec sûreté, & de mettre dans nos actions l'ordre & la mesure qui leur conviennent : elle donne la couleur & l'éclat à toutes les productions de la nature & de l'art ; elle multiplie l'univers en le peignant dans les yeux de tout ce qui respire.

Cet être admirable & presque incompréhensible que les anciens ont

regardé comme un accident de la matiére, & que quelques auteurs très-distingués de ces derniers temps ont voulu mettre dans une classe moyenne au-dessus des corps, n'osant pas sans doute l'élever jusqu'au rang des esprits, cet être, dis-je, si difficile à saisir & à dévoiler quand il s'agit de sa nature & de sa propagation, se soumet assez aisément au calcul, aux mesures, à l'expérience, lorsqu'on s'en tient à examiner ceux de ses mouvemens qui ont un rapport plus direct & plus prochain avec nos sens. Si nous sommes donc obligés de nous arrêter à des hypothèses & à des raisonnemens seulement plausibles, pour satisfaire à des questions de pure curosité, nous pouvons dire que dans celles dont la solution nous intéresse davantage, nous avons à offrir des connoissances plus certaines & mieux établies.

Pour suivre les unes & les autres avec ordre, examinons d'abord ce que c'est que la lumiére, où elle réside, & comment elle se répand de sa source dans l'espace qu'elle éclaire.

XV. LEÇON.

Considérons en second lieu les directions qu'elle affecte de suivre dans ses mouvemens, ce qui peut l'en faire changer, & les routes qu'elle prend quand elle en change.

Essayons ensuite de la décomposer, & voyons quelles sont les propriétés de ses parties séparées les unes des autres.

Enfin, parcourons les principaux effets de la lumiére, tant simple que composée, relativement à l'organe de la vûe & aux instrumens qui aident ou qui augmentent la vision.

I. SECTION.

De la nature & de la propagation de la Lumiére.

J'ENTENS par le mot de *lumiére* le moyen dont la nature a coutume de se servir pour affecter l'oeil de cette impression vive & presque toujours agréable qu'on appelle *clarté*, & pour nous faire appercevoir la grandeur, la figure, la couleur, la situation des objets qui sont hors de nous-mêmes à une

distance convenable. Ce moyen, quel qu'il soit, est un être distingué du corps visible & de l'organe; il réside comme interméde entre l'un & l'autre, & il occupe par lui-même & par son action l'intervalle qui les sépare: sans cela il me paroît impossible de comprendre comment un corps peut agir sur un autre corps.

Mais cet agent qui transmet à l'œil l'action du corps lumineux ou illuminé doit être lui-même quelque chose de matériel; autrement comment pourroit-il recevoir & communiquer une modification qui ne peut convenir qu'à la matiére? comment pourroit-il être touché ou agité physiquement par l'objet visible, & toucher de même l'organe sur lequel il se fait sentir? Cette réflexion seule devroit suffire pour nous faire comprendre que la lumiére est l'effet d'une matiére en mouvement; mais cette vérité se montre d'ailleurs par tant d'endroits, qu'il est impossible de la révoquer en doute, pour peu qu'on raisonne suivant les principes les plus généralement reçus en physique. Pourquoi, par exemple, ne peut-on pas regarder

le ſoleil en face ? Par quelle raiſon les gens qui ont la vue tendre ne voyagent-ils qu'avec peine ayant les yeux ouverts ſur la neige ou ſur un terrein blanc? D'où vient qu'une perſonne accoutumée à dormir dans une chambre bien obſcure, s'éveille plutôt que de coutume, ſi l'on a oublié de fermer les volets de ſes fenêtres ? Tous ces effets ne prouvent-ils pas que la lumiére nous touche, nous incommode, nous bleſſe même, quand ſes impreſſions ſe font mal-à-propos, ou qu'elles ſont trop fortes? & quelle autre ſubſtance qu'une matiére, peut ſe faire ſentir ainſi ſur nos corps ? D'ailleurs nous ſommes les maîtres d'augmenter, de diminuer, de renfermer la lumiére dans un eſpace ; tous les jours il nous arrive de meſurer ſes mouvemens, de la détourner, de lui oppoſer des obſtacles : nous ne pourrions pas en uſer ainſi avec un être immatériel, parce qu'il ſeroit inſaiſiſſable à nos ſens & à nos efforts.

Nous conviendrons donc avec tous les Phyſiciens de nos jours, que ce qui répand la clarté dans un lieu, ce qui rend viſibles les objets qu'on y

apperçoit, eſt une vraie matiére, dont l'action peut être plus ou moins forte ſuivant les circonſtances. Mais quelle eſt cette matiére, & comment ſe trouve-t-elle dans le lieu où elle ſe fait ſentir ? c'eſt une autre queſtion ſur laquelle les ſentimens ſont partagés.

Selon la penſée de Deſcartes & de ceux qui ſuivent exactement ſa doctrine, la matiére propre de la lumiére eſt un fluide immenſe, dont les parties plus petites qu'on ne le peut dire & arrondies en forme de globules, rempliſſent uniformément & ſans interruption toute la ſphère de notre univers : le ſoleil qui en occupe le centre, les étoiles fixes qui en ſont comme les limites, & tous les corps qui s'enflamment, ſur la terre & ailleurs, animent cette matiére par un mouvement qui ne la tranſporte pas d'un lieu dans un autre, mais qui l'agite par une eſpéce de trémouſſement en quelque façon ſemblable à celui qui fait le ſon dans l'air ; de ſorte que l'aſtre ou le corps flamboyant devient par-là le centre d'une ſphére lumineuſe à peu près de même qu'une cloche, ou tout autre corps ſonore qu'on met

XV. LEÇON.

en action, fait resonner au loin & de toutes parts la masse d'air au milieu de laquelle il est placé.

Quand on attribue, comme Descartes, aux parties de cet élément qui porte la lumiére, ou dont l'action est la lumiére même, une contiguité parfaite & une inflexibilité à toute épreuve, on se met en droit de dire avec lui, qu'il ne faut qu'un instant indivisible pour transmettre l'impulsion du corps lumineux à la plus grande distance : une file de ces globules, aussi longue qu'elle puisse être, étant pressée par un bout, doit agir en même temps par l'autre comme une tringle de fer ou de bois transmet sans aucun retardement sensible le coup de marteau qu'on imprime à l'une de ses extrêmités, ou comme on voit le choc d'une boule d'ivoire passer subitement par un grand nombre de boules semblables qui se touchent ayant leurs centres dans la même ligne : & cette prétention répond fort bien au mouvement de la lumiére qui paroît instantanée, parce que nous lui voyons parcourir sur la terre des espaces considérables

dans des tems si courts que nous avons presque renoncé à l'espérance & au dessein de les mesurer.

Telle a été l'opinion de Descartes sur la nature de la lumiére, & sur sa maniére de se répandre : opinion qui a dû souffrir quelques changemens ; parce qu'on a fait depuis certaines découvertes qui l'exigeoient, mais dont le fonds qui peut subsister, me semble si naturel, si plausible, si commode pour rendre raison des phénoménes, que je ne crains pas de dire, qu'elle eût été l'opinion de tout le monde, si des intérêts particuliers n'y eussent mis empêchement. Newton lui-même l'auroit peut-être adoptée, si un milieu résistant dans la vaste étendue des cieux lui eût paru compatible avec le systême des attractions, ou s'il eût osé dire bien ouvertement que la lumiére est un être incapable de résistance.

Suivant le sentiment de ce grand homme (*a*) & de ceux qui sont

(*a*) C'est aussi l'opinion de Gassendi & de quelques autres philosophes modernes qui ont précédé Newton, & qui ont suivi en cela les idées de Démocrite & d'Epicure.

XV. LEÇON.

attachés à ses principes, la lumiére est une émanation réelle du corps lumineux : le soleil lance continuellement autour de lui des rayons de sa propre substance, qui s'étendent jusqu'aux extrêmités de la sphére du monde, & ces rayons sont composés de parties qui se succedent & se renouvellent perpétuellement dans le même lieu avec toute la vîtesse que nous fait appercevoir la propagation de la lumiére : chaque étoile fixe en envoye de même dans toutes les directions imaginables, & par une suite nécessaire de cette hypothèse, le flambeau qu'on allume pendant la nuit au milieu d'une grande plaine, n'y devient visible qu'en remplissant à chaque instant de ses écoulements lumineux un espace hémisphérique qui peut avoir plus de deux lieues de diamétre.

Ainsi, selon ce dernier systême, la lumiére, ou ce qui nous fait voir les objets, est tantôt une substance célestе qui part des astres, tantôt une matiére terrestre que l'inflammation développe ; mais de quelque source qu'elle vienne, elle coule avec une rapidité

dont rien n'approche, & ses parties se divisent, se raréfient, s'étendent au point de former des volumes qui tiennent du prodige, eu égard au petit espace qui les contenoit auparavant, & au peu de tems qu'il faut pour leur faire prendre une si grande étendue.

S'il faut prendre un parti entre ces deux opinions, j'avoue franchement que la vraisemblance me détermine pour la premiére. Elle a pourtant ses difficultés que je ne dissimulerai pas ; & je n'y veux souscrire qu'avec les restrictions & les changemens que les observations & l'expérience y ont fait faire, & que Descartes lui-même n'eût pas manqué d'y introduire conformément à sa méthode, s'il eût assez vécu pour en voir la nécessité. Mais avec ces conditions il me semble qu'on est bien plus à son aise pour concevoir l'origine, la propagation & les effets de la lumiére, qu'en supposant des émissions effectives, continuelles & opposées entr'elles : ce qui met dans la nécessité d'imaginer les accidents les plus bisares, pour prévenir ou réparer l'épuisement des astres, des principes que la saine physique désa-

XV. LEÇON.

voue, pour concilier des mouvements contraires qui devroient se détruire réciproquement, ou perdre leurs premiéres directions, des modes ou maniéres d'être dans la matiére, aussi nouveaux qu'incompréhensibles, pour se débarrasser d'une surabondance de rayons qui devroient avoir comblé toutes les planetes depuis le tems qu'elles y sont exposées, & pour tâcher de trouver le vuide dans l'espace des cieux, par où les Newtoniens mêmes ne peuvent se dispenser de faire passer tous ces torrents de lumiére.

Je trouve donc que l'on fait moins de violence aux idées établies, & qu'on se rend plus intelligible, en disant avec Descartes: « Les objets » visibles, ainsi que les yeux, par lesquels ils doivent être apperçus, sont » toujours plongés dans un fluide qui » s'étend sans interruption des uns » aux autres: cette matiére intermé- » diaire est susceptible d'une espéce de » mouvement qui lui est propre, & qui » ne peut être senti qu'au fond de » l'œil, de même qu'il ne peut être » excité que par des corps flamboyans

ou comme tels. Dès qu'elle eſt agi- «
tée de cette maniére, l'organe pla- «
cé en quelque endroit que ce ſoit de «
la ſphére d'activité, ne manque pas «
d'en être affecté, & à cette occaſion «
l'ame apperçoit & juge à une certai- «
ne diſtance & dans la direction du «
mouvement qui a fait impreſſion, «
l'objet qui en eſt la cauſe. »

Si l'on a peine à croire que les choſes puiſſent ſe paſſer ainſi, on pourra ſe le perſuader en réfléchiſſant ſur l'uſage d'un autre ſens, deſtiné comme la vûe à nous faire connoître les objets qui ſont hors de nous. Comment entendons-nous la voix d'un homme qui nous parle de loin pendant la nuit? Eſt-ce par des portions d'air rendues ſonores dans ſa bouche, & qui traverſent enſuite tout l'eſpace qui eſt entre cet homme & nous, pour venir frapper nos oreilles? On ſçait bien que cela ne ſe fait point ainſi: on ſçait qu'une même maſſe d'air d'une très-grande étendue reçoit ſans ſe déplacer l'action ou le trémouſſement du corps ſonore dans toutes ſes parties, & que toute oreille ſaine qui s'y trouve plongée participe au ſon

XV. LEÇON. que ce fluide transmet par la contiguité de ses molécules. Cet exemple, que personne ne révoque en doute, ne suffit-il pas pour nous porter à croire que le corps lumineux, de même que le corps sonore, fait passer son action à l'organe par un fluide qui lui sert de véhicule?

Mais quel est ce fluide subtil, qui peut ainsi, en tout tems & en tout lieu, nous faire passer en un instant des ténébres les plus épaisses à la plus brillante clarté?

Les effets du feu portés jusqu'à l'inflammation, le font briller à nos yeux, & la clarté qu'il répand s'étend beaucoup au-delà de l'espace où il fait naître la chaleur : d'un autre côté les rayons du soleil qui sont comme la source principale de la lumiére qui éclaire notre globe, échauffent & enflamment tout ce qu'on y expose, lorsque leur action est augmentée par le moyen de miroits, ou autrement. Si la lumiére brûle & que le feu éclaire, n'est-il pas raisonnable de penser qu'un seul & même élément produit ces deux effets; & que si l'un se voit sans l'autre, c'est que tous

deux ne dépendent pas des mêmes circonſtances, quoiqu'ils aient un ſeul & même principe ? Cette penſée s'accorde bien avec la ſimplicité & l'œconomie qu'on voit régner dans toutes les opérations de la nature ; on peut l'admettre au moins comme une hypothèſe très-vraiſemblable, quoiqu'elle déroge à celle de Deſcartes qui faiſoit dépendre la lumiére & la chaleur de deux éléments différents.

Si l'on ſe détermine bien à croire que la matiére du feu eſt préſente dans preſque toutes les ſubſtances qui appartiennent à la terre, parce qu'on les voit s'échauffer ſenſiblement, & même s'embraſer par des chocs & des frottemens extérieurs, ou par des mouvemens inteſtins qu'on y excite, comme je l'ai fait voir dans la 13ᵉ. Leçon, on peut ſe perſuader auſſi par quantités d'exemples tirés des trois regnes de la nature, que la lumiére eſt également préſente par-tout, audedans comme au dehors des corps, & qu'il ne lui manque, pour ſe rendre ſenſible à nos yeux, qu'un certain mouvement & un milieu propre à le tranſmettre. Pluſieurs de ces exem-

XV. LEÇON.

ples font voir à quiconque n'a point de préjugé contraire, que ce qui brille à la surface d'un corps, peut aussi faire naître & entretenir de la chaleur au-dedans, si quelque circonstance de plus occasionne ou favorise cet effet. Ceci peut se prouver par les expériences suivantes.

I. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

Il faut écrire de grands caractères sur un carton noir avec un bâton de ce phosphore dont il est fait mention dans la 4e Exp. de la 13e Leçon, * & porter ensuite ce carton dans un lieu bien obscur.

* *Tom. 4. p. 229. & suiv.*

EFFETS.

Les caractères paroissent très-lumineux : s'il fait chaud, leur lumiére est plus vive, mais elle se dissipe plus promptement ; elle dure davantage & souffre quelques intermittences quand il fait froid ou humide : on la fait disparoître entiérement en soufflant brusquement dessus avec la bou-

che

che ou avec un ſoufflet : après quoi elle ſe ranime d'elle-même ; le frottement la fait briller avec plus de force ; & ſi c'eſt avec le doigt que l'on continue de frotter, cette lumiére devient un feu ſenſible qui peut brûler la peau & cauſer une douleur aſſez vive ; pendant tout le tems que dure cette lumiére, il s'éleve continuellement aux endroits où les caractères ſont marqués, une vapeur blanchâtre qui a toute l'odeur du phoſphore.

EXPLICATION.

Les caractères formés avec le phoſphore ſur le carton doivent être conſidérés comme une légere couche de cette matiere que le frottement a détachée de la petite maſſe qui a la forme d'un crayon. La même cauſe en détachant ainſi les parties du phoſphore, a mis en action le feu élémentaire qu'elles renferment naturellement ; & comme elles ſont toutes prêtes à céder à cette action dès qu'elles ſont étendues & comme iſolées ſur une ſurface qui n'eſt couverte que d'air, elles ſe déſuniſſent, ſe diſſipent & laiſſent à découvert la petite

XV. LEÇON.

portion de feu qu'elles renfermoient entr'elles.

Ce ſont ces parties propres (*a*) du phoſphore qu'on voit s'exhaler en une fumée blanche, lorſque cette petite exploſion eſt paſſée. Si le vent les diſſipe auparavant, l'éclat de lumiére qu'elles devoient produire n'a pas lieu, les caractères ceſſent d'être lumineux juſqu'à ce que de nouvelles parties, cédant d'elles-mêmes au feu intérieur qui les anime, ne quittent que par cette cauſe le carton ſur lequel elles tiennent.

Ce qui prouve bien, ſelon moi, que cette diſſipation des parties du phoſphore eſt cauſée par une force interne & non par l'action du fluide ambiant, c'eſt qu'elle eſt plus prompte & plus grande dans le vuide que dans l'air libre : je l'ai expérimenté pluſieurs fois en coupant en deux parties égales

(*a*) J'entends ici par les parties propres du phoſphore, les autres ſubſtances avec leſquelles la matiere du feu eſt unie ; je ne fais cette diſtinction que pour m'expliquer plus commodément : à parler exactement le feu élémentaire eſt une des parties propres du phoſphore ; ſans lui, les autres principes compoſans ne ſeroient jamais phoſphore.

une carte sur laquelle j'avois tracé des lignes avec du phosphore, & en mettant l'un des deux morceaux dans un récipient de machine pneumatique où l'air étoit extrêmement raréfié, tandis que l'autre restoit sur une table dans la même chambre : si celui ci continuoit de luire pendant 25 minutes, il s'en falloit au moins de 5 ou 6 que la lumiére du premier ne durât autant ; mais elle étoit toujours bien plus vive.

La chaleur doit occasionner le même effet que le vuide, comme je m'en suis asſûré auſſi par l'expérience : la ſuppreſſion du poids de l'atmoſphére ou de sa preſſion est un obſtacle de moins ; les parties du phoſphore étendues sur le carton en sont plus libres de se désunir en cédant à la force expansive qui les sollicite à le faire : quelques dégrés de chaleur de plus dans le lieu où se fait l'expérience ajoutent une nouvelle activité au feu interne qui tend à se faire jour, & de l'une ou de l'autre maniére la lumiére des caractères doit paroître plus vive & se diſſiper plus promptement.

Le frottement fait encore plus ; il

XV. LEÇON.

irrite non-ſeulement le feu des parties les plus ſuperficielles, les plus promptes à vaincre l'adhérence qui les retient ſur le carton; mais il fait la même choſe pour celles qui ſont plus enfoncées, qui ſont couvertes & qui tiennent davantage : d'où il réſulte une chaleur ſenſible, quand la couche de phoſphore qui forme les caractères eſt un peu épaiſſe ; non-ſeulement parce qu'il y a plus de feu en mouvement, mais parce que ce mouvement devient d'autant plus violent, que le feu élémentaire qui le reçoit ſe trouve engagé dans des obſtacles plus difficiles à ſurmonter, comme je l'ai fait remarquer dans les deux derniéres Leçons.

Ainſi nous pouvons dire que l'élément du feu qui ſe dégage par lui-même & ſans être excité, de la matiére propre du phoſphore, n'a point ordinairement de chaleur ſenſible, à cauſe du peu d'effort qu'il a à faire pour rompre & diſſiper ſon enveloppe; mais cette foible action qui n'a point d'effet ſenſible ſur les autres corps, en a beaucoup encore, quand cet élément ne trouve à heurter que des parties de

ſon eſpéce, très-ſuſceptibles ſans doute de cette ſorte de mouvement dont il eſt lui-même animé. Il n'eſt pas ſitôt libre qu'il agite à ſa maniére, & jusqu'à une certaine diſtance, la matiére de la lumiére qui remplit l'eſpace où il éclate : & comme cette matiére pénétre ſans interruption juſqu'au fond de nos yeux, ces organes à qui la nature a donné le dégré de ſenſibilité proportionné à tel effet, en reçoivent l'impreſſion autant de tems, & dans le même ordre ſuivant lequel ces petites portions de feu brillent à la ſurface du carton.

II. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

On trouve dans pluſieurs endroits de l'Italie, & principalement auprès de Bologne, une pierre qui eſt aſſez communément de la groſſeur d'un œuf de poule, d'une figure irréguliérement arrondie, de couleur griſe & d'une nature talqueuſe. Cette pierre, ou quelqu'autre de celles qu'on y peut ſubſtituer, (*a*) ayant été calci-

(*a*) Je m'abſtiens encore ici, comme je l'a

XV. LEÇON.

née au feu de charbon, & gardée dans une boîte garnie de coton ou de flanelle, s'expose pendant quelques minutes à l'air libre & au grand jour, mais plutôt à l'ombre qu'au soleil, après quoi on la retire pour être vue dans un lieu fermé & sans lumiére; & afin que l'expérience réussisse mieux, il est à propos que ceux qui la doivent considérer ayent eu pendant quelque tems les yeux fermés, ou qu'ils ayent resté pendant quelques minutes dans l'obscurité.

EFFETS.

La pierre portée du grand jour dans l'obscurité paroît lumineuse comme un morceau de fer rougi au feu qui

déja fait dans plusieurs endroits de cet ouvrage, de rapporter en détail les différentes préparations de la pierre de Bologne, & d'indiquer les autres espéces de pierres qu'on peut rendre lumineusses comme elle par la calcination; en attendant l'ouvrage dans lequel je me propose d'enseigner tous les procédés, que je suis obligé de supprimer ici pour ne point m'écarter par de trop longues digressions, si l'on veut s'instruire de tout ce qui convient pour répéter cette expérience, on pourra consulter le cours de Chymie de Lémery, p. 828. & les Mém. de l'Acad. des Sciences, de 1730. p. 52[illegible]

commence à s'éteindre : cette lumiére dure pendant quelques minutes en s'affoibliſſant toujours de plus en plus, après quoi elle diſparoît entiérement.

La pierre de Bologne & toutes celles qui en ont les propriétés, ne montrent aucun dégré de chaleur ſenſible lorſqu'elles deviennent lumineuſes : quand on les a expoſées aux rayons du ſoleil, ou à l'ardeur du feu pour les échauffer, la lumiére qu'elles y prennent, eſt ordinairement moins forte que celle qu'elles reçoivent à la ſimple clarté du jour.

Quand ces pierres ont ſervi un grand nombre de fois, ou qu'elles ont été gardées longtems à découvert dans un lieu éclairé, elles perdent peu à peu leur qualité ; mais on peut la leur rendre par une nouvelle calcination.

Enfin, ces pierres nouvellement préparées, & lorſqu'elles ſont en état de ſervir aux expériences, ont une odeur comme ſulphureuſe qu'on ne leur trouve pas quand on les tire de la terre.

EXPLICATION.

L'odeur que prend la pierre de Bologne en passant au feu, fait assez connoître que ses soufres naturels ont été dégagés de la partie terrestre & des autres principes au point de pouvoir passer aisément du dedans au dehors : ces soufres subtilisés contiennent comme tout le reste des parcelles de feu, mais avec cette différence, qu'étant très-disposés à obéir à la force expansive de cet élément, leur inflammation ne tient presque à rien ; la lumiére seule du jour le plus foible est un feu suffisant pour les allumer.

On peut donc considérer cette lumiére rougeâtre dont on voit luire la pierre de Bologne, comme une flamme très-légere qui brille dans les pores de cette matiére calcinée & à travers les parties terrestres qui n'ont qu'une transparence imparfaite. Une flamme aussi légere ne peut causer de chaleur sensible, c'est un feu qui éclate presque sans résistance. Elle s'éteint après quelques minutes, parce que les parties enflammées se sont dissipées, & parce que ce feu n'a point la force

de

de se communiquer à celles qui sont plus profondément engagées dans la masse.

Bien loin de rendre la pierre plus lumineuse en l'exposant aux rayons du soleil ou à l'ardeur d'un grand feu, il semble au contraire qu'on diminue par-là l'éclat de sa lumiére : apparemment, parce qu'il se fait alors une trop prompte & trop grande dissipation des parties inflammables de la superficie ; ou peut-être que l'agitation causée aux parties les plus grossiéres de la pierre qui devient chaude, fait obstacle à la régularité du mouvement qui convient à la lumiére.

C'est peut-être aussi par une dissipation plus lente de ces parties inflammables de la superficie, que la pierre perd sa qualité avec le tems : on peut au moins le supposer, puisqu'elle se conserve plus long-tems étant enfermée dans du coton, comme si, lorsqu'on l'enveloppe de cette maniére & qu'on la tient hors du jour, on lui épargnoit une inflammation qui dissipe ce qui la fait luire ; & puisqu'elle se rétablit par une nouvelle calcination, comme si l'action du feu faisoit

remonter de nouveaux soufres à la superficie.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Prenez une serviette de linge uni, blanche de lessive, passablement fine, & qui soit bien seche : présentez-la au feu jusqu'à ce qu'elle soit fort chaude, & portez-la promptement dans un lieu obscur pour la secouer en passant la main brusquement dessus, ou en la faisant glisser entre les doigts ; un tems sec & frais est plus propre pour cette expérience que celui qui seroit humide & chaud.

EFFETS.

On voit pétiller comme des étincelles de feu sur la serviette, & l'on remarque des taches & des traînées de lumiére adhérentes aux endroits qui sont frottés avec force entre les doigts ou avec le plat de la main.

EXPLICATION.

Le linge, ainsi que les autres corps, contient dans ses parties cet élément

par le moyen duquel les objets deviennent lumineux ou viſibles. Cette matiére retenue & enveloppée par les parties propres du linge a beſoin d'être excitée pour ſe faire jour, & paroître au-dehors: la chaleur la diſpoſe à cet effet, & le frottement fait le reſte.

On peut dire auſſi que la ſerviette expoſée au feu de fort près, a reçu des parties ignées encore engagées dans la matiére combuſtible avec laquelle elles ſe ſont échappées du foyer, & auſquelles il ne manque pour éclater que quelques dégrés d'activité de plus, que les ſecouſſes & le frottement de la main leur fait prendre.

Quoi qu'il en ſoit, il y a tout lieu de croire que cette lumiére qui paroît par étincelles ou par traînée ſur le linge, n'eſt autre choſe que du feu, puiſque la chaleur la diſpoſe à luire, & qu'elle s'excite, comme le feu, par le frottement des parties qui la contiennent; mais c'eſt un feu qui réſide dans les pores les plus ouverts & à la ſurface du linge, & qui s'allumant avec une très-grande facilité, ſe diſſipe auſſi ſans rien brûler, ſans produire aucune chaleur ſenſible.

XV.
LEÇON.

APPLICATIONS.

Les corps qui luisent dans l'obscurité, sans qu'on les allume par le moyen d'un feu étranger, se nomment *phosphores*, c'est-à-dire, *porte-lumiére*. On n'en connoissoit autrefois qu'un très-petit nombre ; mais depuis un siécle sur-tout qu'on s'est mis à cultiver la physique par la voie de l'observation & de l'expérience, ces merveilles se sont rencontrées si souvent & se sont tellement multipliées, qu'il faudroit à présent faire un volume assez ample pour les comprendre toutes. Je dois m'abstenir d'un détail qui m'écarteroit trop de mon objet principal ; mais je ne puis me dispenser de rapporter ici, par forme d'extrait, ce qu'il y a de plus curieux à sçavoir en ce genre, d'autant mieux, que rien n'est plus propre à montrer ce que j'ai maintenant en vue, je veux dire, la présence de la matiére de la lumiére dans tous les corps, dans tous les espaces, & son identité avec celle que nous avons nommée ci-devant *feu élémentaire* ; car il est peu de ces phosphores à qui l'on ne puisse appliquer, d'une maniére

assez plausible, si je ne me trompe, quelqu'une des explications dont je viens de faire usage, pour rendre raison des trois expériences précédentes.

On peut distinguer en général deux sortes de phosphores, les uns que nous nommerons *naturels*, parce qu'ils luisent d'une lumiére spontanée, sans préparation, ou au moins par des dispositions qu'ils acquerent d'eux-mêmes : les autres que nous appellerons *artificiels*, parce qu'ils ne deviennent phosphores que par des moyens inventés par l'art : on trouve des uns & des autres dans les trois regnes qu'embrasse l'Histoire Naturelle.

Tout le monde connoît ici cet insecte rampant qui brille pendant la nuit dans les campagnes, & qu'on nomme pour cela *ver-luisant*. Ce petit animal qui semble éclairer les pas du voyageur, est la femelle d'un scarabée (*a*) de couleur brune qui a des aîles, & à qui cette lumiére (qu'il n'a presque pas lui-même) fait appercevoir de

(*a*) On appelle *scarabées*, en général, ces insectes volans, dont les aîles se renferment sous des foureaux écailleux : le hanneton, par exemple, est un scarabée.

XV. LEÇON.

loin le sujet auquel il doit se joindre pour perpétuer son espéce. Le ver n'est point lumineux dans tout son corps; il ne l'est que par le dessous du ventre, dont la peau est transparente : la lumiére qu'il répand appartient à une matiére fluide qu'il a dans les intestins, & qui luit encore pendant quelques minutes après qu'on l'a fait sortir en pressant la partie qui la contient. Il semble cependant qu'il est au pouvoir de l'animal de la laisser luire ou de l'éteindre pour un tems; car il ne brille pas toujours avec le même éclat, & quelquefois il ne brille pas du tout : ce qui me fait croire que cette espéce de phosphore qui fait partie de l'animal, & qui semble être soumis à sa volonté, est une matiére dans laquelle l'élément du feu n'est que très-légérement engagé; de sorte qu'il s'anime avec facilité au point qu'il faut pour allumer seulement une matiére toute semblable qui réside au dehors.

Je pense la même chose d'une infinité d'autres animaux qui ont cette singuliére propriété de luire dans les ténébres; car on en trouve par-tout,

& l'on pourroit dire que chaque élément habitable a les siens. Dans les pays septentrionaux de l'Europe, & même au centre de la France, il n'y a que de ceux qui rampent sur la terre ; mais en Espagne, en Italie, en Sicile, & même dans quelques-unes de nos provinces méridionales, pendant les nuits d'été, l'on voit étinceller l'air de toutes parts. Ce spectacle, qu'un étranger ne se lasse point d'admirer, vient d'un petit scarabée (*a*) assez semblable au mâle de notre ver-luisant dont j'ai fait mention ci-dessus. Cet insecte se multiplie prodigieusement dans certaines années : sa lumiére qui part du ventre est continue & si forte, que deux ou trois de ces petits animaux que j'avois renfermés dans un tube de verre, me faisoient voir distinctement tous les objets de ma chambre pendant la nuit la plus noire. Cette lumiére devient encore plus vive & augmente, comme par élancement, lorsque l'animal vole, ou qu'on l'agite. Valisnieri avoit cela, sans doute, en vue, lorsqu'il disoit que les insectes lumineux de son pays imitoient

(*a*) On le nomme en Italie *Lucciola*.

XV. LEÇON.

assez bien les étoiles du Ciel, tant par l'éclat, que par la figure de leur lumiére (a).

Ce que j'ai fait par forme d'expérience avec les scarabées lumineux d'Italie, les paysans le font par usage, & pour leur commodité, dans les Antilles & dans plusieurs endroits des Indes, avec un autre insecte beaucoup plus gros, & qui jette une lumiére bien plus grande & plus durable. C'est une espéce de mouche fort grosse que Mlle Merian a décrite parmi les insectes de Surinam & sur laquelle M. de Reaumur (b) a fait de nouvelles remarques. Les habitans du pays s'en éclairent, dit le P. du Tertre (c), tant pour aller & venir, que pour travailler pendant la nuit; le même animal dure environ 15 jours, après quoi on le renouvelle.

La mer posséde aussi de semblables merveilles : on voit briller de ces feux vivans jusques dans le sein des eaux. Sans parler des dails, ni de quelques

(a) *Non mancandovi luminosi viventi, delle vere stelle nella figura è nella luce gentilissimi emulatori.* Raccolta di varie osserv. p. 217.

(b) Hist. des Insectes, Tom. V. p. 192.

(c) Dans son Hist. gén. des Antilles.

aûtres coquillages admis depuis long-tems au rang des phosphores, je puis dire, pour l'avoir observé moi-même en 1749, que pendant l'été, les bords de l'Adriatique & de la Méditerranée fourmillent de petits animaux moins gros que des têtes d'épingles, & qui étincellent d'une maniére admirable : on en voit sur-tout une très-grande quantité dans les *lagunes* de Venise, aux endroits où il y a de la mousse ou de cette herbe qu'on nomme *algue marine*. C'est-là que j'en fis la découverte après avoir cherché avec beaucoup d'empressement & d'assiduité, quelle pouvoit être la cause de tous ces feux que je voyois pétiller le soir sous les coups de rames, à la rencontre des gondoles, & le long des murs battus par les flots. J'avois été prévenu, comme je l'ai appris depuis par M. Vianelli, Docteur en Médecine, établi à Chioggia. On peut voir dans une brochure (*a*) qu'il fit imprimer

(a) *Nuove scoperte intorno le luci notturne dell' aqua marina, &c.* in Venezia 1749. En lisant l'avant-propos de cet ouvrage, p. 10. on pourroit croire que c'est sur le récit que l'on

XV. LEÇON.

à Venise, quelques mois après mon départ, & qui m'a été envoyée depuis mon retour en France, on peut voir, dis-je, la figure de cet insecte que je crois être du genre des scolopendres, quoiqu'à dire vrai, ne l'ayant pu voir qu'avec une loupe, & n'ayant point eu toutes les commodités nécessaires pour le bien examiner, je ne puis assûrer que j'aie vu tout ce que représente le dessein de M. Vianelli.

m'a fait de la découverte de M. Vianelli, que j'ai reconnu que la lumiére nocturne des eaux de Venise étoit causée par des insectes; mais il est exactement vrai que ce récit ne me fut fait qu'après mon observation, dans la maison de S. E. Mr. Angelo Quirini, & en présence de huit ou dix personnes, qui ne me refuseroient pas leur témoignage si j'en avois besoin. Je suis persuadé que M. Vianelli m'auroit épargné le soin de mettre ici cette note, s'il avoit sçu comment les choses s'étoient passées; & je m'en serois dispensé moi-même, si je n'avois d'autre intérêt que de me conserver la part que je puis avoir à la découverte en question: mais j'ai fort à cœur que l'on ne croye pas que j'aie voulu me l'approprier, comme on auroit raison de le penser, s'il étoit vrai que j'en eusse été instruit avant que d'observer les insectes lumineux, & si, lorsque j'ai fait mention de ma découverte, je n'avois rendu sur cela toute la justice qui est due à M. Vianelli. Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, 1750. p. 59.

Non-ſeulement on voit luire quantité d'animaux à qui la nature accorde cette propriété pour tout le tems qu'ils ont à vivre, comme on l'a vu par les exemples que je viens de citer ; mais il ſemble que ceux-là mêmes qui ne jettent aucune lumiére de leur vivant, ſoient tous capables de devenir lumineux après leur mort, au moins par quelques-unes de leurs parties, lorſqu'un certain dégré de fermentation ou de pourriture a mis la matiére propre de la lumiére qui réſide dans ces parties, comme par-tout ailleurs, en état de ſe dégager & de paroître à découvert. On a vu à Orléans, & ailleurs, toute la viande d'une boucherie ſe couvrir de taches lumineuſes, inſpirer de la crainte ſur l'uſage qu'on en devoit faire, & attirer l'attention des Magiſtrats. On voit ſouvent des reſtes de poiſſons briller au coin des rues ou dans les cloaques qui ſervent de décharges aux grandes cuiſines; le poil des chats, & celui de pluſieurs autres animaux étincellent ſous la main, & ſur-tout quand il fait froid; quantité de perſonnes ne peuvent ſe peigner dans l'obſ-

34 Leçon

à l'unité, qu

dignes, & qu

mais certain

dis-je, la f

croire être

quoiqu'il

voit qu'

point au

croire

peut

répétition

nan-
porde
temps
a vu
de ci-
hiné-
gées la
ables de
ore, au
t leurs
gré de
a mis la
qui déli-
par-tout
ger & de
u à Or-
e d'une
s lumi-
don l'u-
& uni-
ans. On
poissons
dans les
charges
actions,
maux
-tout
rfon-
l'obs-

XV.
Liv.

XV. LEÇON.

curité sans faire voir, sans entendre même, sortir du feu de leur chevelure. Ce sont des lueurs de cette espéce qui effrayent les valets d'écurie, & qui leur font dire, que certains chevaux sont pansés par des *esprits folets*. On a vu même de tout tems certaines vapeurs grasses ou spiritueuses exhalées des corps vivans, s'enflammer comme d'elles-mêmes, & produire un feu si léger, qu'il n'étoit sensible que par sa lumiére : c'est ce qu'on trouve sous le nom de *ignis lambens* dans les auteurs, tant anciens que modernes. (*a*)

Des matiéres animales, si nous passons aux végétales, nous en trouverons encore un grand nombre qui brillent d'une lumiére naturelle & spontanée. Qui est-ce qui ne sçait pas que les bois tendres & morts, lorsqu'ils sont pourris à un certain point, gardent,

(*a*) Virgil. Eneid. Lib. II.

Ecce levis summo de vertice visus Iuli
Fundere lumen apex, tactuque innoxia molli
Lambere flamma comas & circum tempora pasci.

On trouve des exemples singuliers de ces vapeurs lumineuses dans Valisnieri, t. 3. p. 212. & suiv. & dans un traité d'Ezéchiel de Castris, qui a pour titre : *Ignis lambens*.

pour ainsi dire, pendant la nuit la lumiére qui les a éclairés pendant le jour, & si l'on en croit quelques auteurs célébres, * ce phénoméne est si puissant & si commun dans le nord, que les voyageurs, pour marcher d'un pas sûr pendant la nuit, font porter devant eux par leurs guides des morceaux de ce bois lumineux qui les éclaire suffisamment.

* *Olaus magnus, Oviedo, &c.*

On n'avoit encore reconnu cette propriété que dans un petit nombre de matiéres de ce genre, lorsque M. Beccari, Professeur de Chymie, & membre de l'Acad. de l'Institut de Bologne, soupçonna qu'elle pourroit bien appartenir à beaucoup d'autres espéces, avec la différence, peut-être, du plus au moins, soit pour la durée de sa lumiére, soit pour son dégré de force. Le moyen qu'imagina cet ingénieux Physicien pour en faire l'épreuve, mérite d'être rapporté. Il se fit faire une loge portative, qui pouvoit se fermer de façon à ne laisser aucun accès à la lumiére du dehors, & à l'un des côtés de cette loge, il fit pratiquer un tour semblable à ceux des couvents de religieuses : moyen-

XV. LEÇON.

nant cet appareil, il pouvoit rester long-tems sans voir le jour, disposer par-là ses yeux à sentir une lumiére foible, faire passer autant de fois qu'il vouloit, & presque subitement, les corps qu'il avoit en vue d'éprouver, du grand jour dans la plus parfaite obscurité, conditions toutes nécessaires dans des expériences de ce genre.

En procédant ainsi, M. Beccari a reconnu que le bois de sapin sec, & tel que l'employent les ouvriers, différentes écorces d'arbres & de plantes dont la couleur tiroit sur le blanc, le coton, le sel concret des plantes, le tartre, le sucre & la cire blanche, la toile de lin, celle de chanvre, & par-dessus tout, le papier, sont autant de phosphores naturels qui s'allument à la clarté du jour, & qui continuent de luire pendant quelques minutes dans l'obscurité, quoique d'une lumiére plus foible que celle des bois pourris.

Le même Physicien a fait de semblables recherches sur les matiéres animales & sur les fossiles : quant à celles-ci il avoit été prévenu en quelque chose par Boyle & par M. Dufay;

Le premier ayant rencontré par hazard un diamant qui étoit lumineux lorsqu'on le portoit du grand jour dans l'obscurité, l'examina de toutes façons, & en fit le sujet d'un petit traité, (*a*) où l'on trouve des observations curieuses. Le second partant de ce premier fait & de quelques autres à peu près semblables produits par différentes personnes, étendit beaucoup ces découvertes, en faisant voir que la propriété de luire ainsi dans les ténébres appartenoit à presque tous les diamans, principalement à ceux qui sont jaunes, & à quantité d'autres pierres fines.

M. Dufay voyant donc ces phosphores naturels se multiplier sans fin, exhorta les Physiciens à prendre part à son travail, & à l'aider dans une moisson nouvelle qui lui paroissoit intarissable : c'est apparemment par cette invitation que M. Beccari fut déterminé à suivre les recherches qu'il avoit déja commencées sur de pareils

(*a*) *Adamas lucens.* Ce diamant qui appartenoit à M. Clayton fut acheté par le Roi Charles II. comme une rareté ; car d'ailleurs, c'étoit une pierre d'une vilaine eau, & assez défectueuse.

XV. LEÇON.

sujets. On voit par la lecture de son excellent traité, (*a*) que différentes espéces de terres, de sables, de pierres dures, tendres, opaques, transparentes, figurées & autres, les concrétions pierreuses, les matiéres animales pétrifiées, les sels, &c. brillent dans l'obscurité d'une lumiére plus ou moins vive, quand ils ont été auparavant exposés au grand jour.

En continuant ses épreuves sur le regne animal, il vit briller de même les os, les dents, les bezoars, les pierres des reins & de la vessie, celles qu'on trouve dans la tête des poissons, & plus que toutes choses, les coquilles d'œufs ; de sorte que de toutes les espéces qui composent la nature, si l'on en excepte les métaux, & ce qui en contient, comme aussi les corps d'une couleur obscure, on peut dire qu'il y en a peu qui ne fournissent des exemples de ces corps lumineux : je m'exprime ainsi pour faire entendre que cette qualité n'appartient pas tou-

(*a*) *De quamplurimis phosphoris nunc primùm detectis commentarius.* Bonon. 1744. Cet ouvrage a eu une suite qui se trouve dans les Mém. de l'Acad. de l'Institut de Bologne, tom. II. part. 3. p. 498.

jours

jours à l'espéce entiére, mais souvent à certains individus de chaque espéce; tous les diamans blancs, par exemple, ne la possédent pas, & ceux qui l'ont ne montrent rien de rémarquable, à quoi l'on ait pu jusqu'à présent attribuer cet effet.

Des phosphores naturels, passons à ceux que l'art nous a procurés : il s'est exercé de même sur les trois regnes. Les différentes préparations par lesquelles on parvient à rendre les matiéres lumineuses, ou propres à le devenir, peuvent se réduire à trois principales. Il suffit souvent de les échauffer, de les dessécher, ou de les cuire par un dégré de feu médiocre, qui laisse subsister la plûpart de leurs qualités sensibles; d'autres fois cela se fait par une forte calcination qui cause des changemens considérables jusques dans les moindres parties sans défigurer la masse. Enfin on les prépare encore par des dissolutions, des mélanges, & ensuite par l'action d'un feu violent; ce qui fait, pour ainsi dire, changer de nature à ces substances, & leur fait prendre de nouvelles formes.

XV. LEÇON.

Par le premier de ces trois procédés, M. Beccari est venu à bout de donner la qualité de phosphores à quantité de matiéres qui ne l'ont pas naturellement : & parmi celles qui l'ont, il en a trouvé plusieurs qu'un certain dégré de chaleur, le desséchement, ou la cuisson, faisoit briller d'une lumiére bien plus sensible : tels sont, par exemple, la chair de volaille, les os, les nerfs, les sucs épaissis, comme la colle de bœuf & celle de poisson, le fromage, &c. & parmi les végétaux, les amandes, l'intérieur des châtaignes, les feves, la mie de pain, & même le café, pourvu qu'il ne soit pas brûlé jusqu'au brun, comme il l'est ordinairement. Mais rien de tout cela ne paroît plus remarquable que ce qui arrive au papier : la feuille sur laquelle on a appliqué pendant quelques minutes une plaque de métal chauffée, en porte l'image très-lumineuse dans l'obscurité, & cette empreinte est si bien terminée, qu'on pourroit avec des cuivres découpés & chauffés imprimer de cette maniére toutes sortes de desseins luisans, par lesquels on ne manque-

roit pas de surprendre des gens qui n'en seroient pas prévenus. XV. LEÇON.

On peut regarder la pierre de Bologne comme l'origine & le premier exemple des phosphores qui se font par la simple calcination : cette découverte qui fut l'effet du hazard, frappa tellement les Physiciens & les Naturalistes, qu'elle devint le sujet de plusieurs sçavans traités. Mais comme il arrive presque toujours, on s'accoutuma peu à peu à cette merveille : on lui chercha des émules parmi d'autres espéces à peu près semblables, & l'on en trouva dans le pays même (*a*) : enfin cela devint une chose fort commune. Mr. Dufay fit voir en 1730, dans un Mémoire que j'ai déja cité plus haut, que la topase des Droguistes, les belemnites, les albâtres, les marbres, les gyps, les coquilles pétrifiées tendres, les pierres à chaux, & assez généralement, toutes celles qu'un esprit acide peut dissoudre, imitoient par leurs effets la pierre de Bologne, avec cette différence, qu'elles n'avoient pas toutes

(*a*) Mentzelius, sect. 1. chap. 5. en compte cinq espéces dans les environs de Bologne.

XV. LEÇON.

une lumiére, ni aussi vive, ni aussi durable qu'elle, mais que leur vertu, comme la sienne, pouvoit se ranimer par une nouvelle calcination.

Balduinus (ou Baudouin) chymiste Allemand prépara à dessein, ou rencontra par hazard une matiére dont il annonça (*a*) les effets, comme ayant beaucoup de ressemblance avec ceux de la pierre de Bologne; mais il s'exprima sur cette découverte en termes si énigmatiques, que ceux qui voulurent l'imiter furent obligés de deviner. Les grands maîtres s'en mêlerent, & l'on apprit enfin par Kunckel, Boyle, Lemery, &c. qu'une dissolution de craye par l'eau forte évaporée & calcinée ensuite, étoit un phosphore dont les effets répondoient à ceux que Balduinus attribuoit à son *phosphore hermétique*.

Avec cette clef M. Dufay pénétra beaucoup plus loin : les phosphores de cette espéce se multipliérent tellement entre ses mains, que pour en faire connoître la quantité, il trouva plus commode de nommer les matiéres qu'il falloit excepter. « A la réserve,

(*a*) In app. ad. an. 4. & 5. natur. curios. pag. 171.

dit-il, des pierres dures & impéné- « trables aux acides, comme les aga- « thes, les jaspes, les cailloux, le por- « phyre, le grais, le sable, le crystal « de roche, celui d'Islande, le sable « de riviére, la pierre de lar, la pierre « de la croix, l'ardoise, le vrai talc, « les pierres précieuses, dont aucune « ne m'a réussi ; il n'y en a peut-être « point qui ne soit lumineuse, soit par « la simple calcination, soit par la « préparation que nous avons rappor- « tée, ou même des deux maniéres. » *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1730 *p.* 528.

Disons encore avec le même Académicien : « Dans quel étonnement ne « seroient point aujourd'hui ceux qui « ont fait des volumes entiers pour « faire l'éloge des propriétés merveil- « leuses de la pierre de Bologne, s'ils « voyoient qu'il est presqu'impossible « de trouver quelque matiére dans le « monde, qui n'ait pas les mêmes avan- « tages : & ce sera dorénavant un phé- « noméne singulier, qu'une matiére « qu'on ne pourra rendre lumineuse, « ni par calcination, ni par dissolu- « tion. *ibid. p.* 534. »

Je goûte encore tout-à-fait cette

XV. LEÇON.

ingénieuse pensée de M. Beccari, que l'on trouve à la fin de son ouvrage ci-dessus cité. « De même, dit-il, » que plusieurs physiciens ont pensé » avec toute sorte de vrai-semblance, » qu'il n'y a aucun corps absolument » privé de chaleur, on pourroit dire » aussi qu'il n'y en a aucun parfaite- » ment obscur. » En effet, toutes les matiéres recelant dans leur intérieur, le principe de l'inflammation & de la lumiére, peut-être sont-elles sujetes à de foibles embrasemens qui se renouvellent autant de fois qu'on les expose à la clarté des corps lumineux ; & si nous n'appercevons ces effets que dans certaines espéces, & dans des cas particuliers, on peut croire que ce n'est point parce qu'ils sont rares, mais plutôt parce que nos sens ne sont point assez délicats pour les sentir par-tout où ils éxistent. (a)

L'EXTREME vîtesse avec laquelle la lumiére agit à la plus grande distance où la vue puisse atteindre sur la terre,

(a) On doit joindre à l'article des phosphores artificiels ce qui a été dit dans la XIII. Leçon du phosphore de Brant, & de celui de Homberg.

a dû faire penser d'abord, que son mouvement étoit absolument instantané ; & c'est l'idée que Descartes s'en étoit formée, avant qu'il y eût des raisons capables de faire penser autrement : mais en 1675 le célébre Dominique Cassini observa dans le retour des éclipses du premier satellite de Jupiter un retardement qui le porta à croire, que la lumiére employoit environ 14 minutes à traverser le diamétre entier de l'orbe annuel de la terre, & que nous ne recevions qu'au bout de 7 minutes la lumiére émanée du soleil qui occupe à peu près le centre de cet orbe. Il est vrai que par de fortes raisons il se crut obligé d'abandonner ensuite cette conséquence ; mais M. Roemer l'ayant adoptée, & après lui M. Bradley, l'un & l'autre par de longues suites d'observations, établirent cette opinion de maniére qu'elle est assez universellement reçue, & qu'on ne doute presque plus que le mouvement de la lumiére ne soit progressif.

Bien des gens en tirent tout de suite cette conséquence, que la propagation de la lumiére ne se fait donc pas

XV. LEÇON.

comme le pensent les Cartésiens, par un simple mouvement de pression, que le corps lumineux imprime à un fluide présent par-tout, mais par une véritable émission qui fait passer réellement les parties de ce fluide depuis leur source jusqu'au terme de leur translation, en quoi je trouve qu'on va trop loin, sans nécessité & sans fruit : je dis sans fruit ; parce que la lumiére émanant sans cesse des astres par un mouvement progressif de ses parties, produiroit toujours dans l'espace des cieux cette plénitude incommode dont on cherche à débarrasser le systême des attractions : j'ajoute, sans nécessité, parce qu'il me semble qu'on peut concilier la nouvelle découverte avec le sentiment des Cartésiens d'aujourd'hui touchant la propagation de la lumiére.

En supposant, en effet, comme une vérité hors de contestation, que l'action de la lumiére souffre un retardement de 7 à 8 minutes, (*a*) lorsque le

(*a*) Les Sçavans ont varié sur la quantité de ce retardement : es uns ont dit 7, les autres 8 minutes, & M. Newton lui-même a passé de la premiére estimation à la seconde.

corps

corps lumineux qui la met en mouvement eſt à une diſtance de 32 ou 33 millions de lieues, ou environ, (*a*) eſt-il néceſſaire, pour en rendre raiſon, de faire parcourir réellement, & en ſi peu de tems, cet eſpace immenſe à chaque globule de lumiére, de ſuppoſer aux rayons de ce fluide une vîteſſe qu'on peut à peine concevoir, telle en un mot qu'elle ſurpaſſe plus de ſeize cens mille fois la rapidité d'un boulet de canon qui parcourroit uniformément 600 pieds par ſeconde?

Je vois bien qu'il ne faut plus tenir rigoureuſement à la penſée de Deſcartes, & que le rayon de globules lumineux qui s'étend d'un aſtre à mon oeil ne peut pas être maintenant comparé à un bâton ou à une file de petits corps parfaitement contigus, & d'une inflexibilité abſolue: mais qui nous empêche de les conſidérer, ces particules, comme autant de petits balons, ou de petits pelotons élaſtiques, & d'une contiguité

(*a*) On voit bien que je ne prétends pas donner ici la juſte diſtance du ſoleil à la terre: c'eſt une queſtion ſur laquelle les Aſtronomes mêmes ne ſont pas bien d'accord.

XV. LEÇON.

un peu moins rigoureuſe ? Avec ces deux ſuppoſitions qui nous écartent d'une préciſion qu'on auroit peine à admettre, & qui nous rapprochent des voies ordinaires de la nature (qui ſouffre par-tout des à-peu-près) je conçois ſans peine que l'action du corps lumineux dans toute la longueur du rayon qui doit la tranſmettre, ne ſera inſtantanée que pour nos ſens, & dans le cas d'une diſtance très-bornée; mais que cette tranſmiſſion, quelque prompte & quelqu'inſenſible qu'elle puiſſe être, exige une ſucceſſion réelle d'inſtans, dont la ſomme peut devenir très-remarquable, ſi le chemin que la lumiére doit parcourir eſt fort long.

J'avoue qu'en entendant ainſi la propagation de la lumiére, on eſt arrêté par des difficultés ; mais l'autre opinion a auſſi les ſiennes, & je les trouve encore plus grandes.

On vous fait voir, par exemple, pendant la nuit une partie conſidérable du ciel par un trou d'épingle, & l'on vous dit : Eſt-il poſſible que la petite portion de lumiére qui remplit ce trou, reçoive & tranſmette diſtinc-

tement les mouvemens imprimés par tant d'étoiles, à un nombre égal de files de globules ? A quoi je réponds : Eſt-il plus aiſé de croire que ce trou, tout petit qu'il eſt, devienne le paſſage commun d'autant de petits torrents de lumiére qui coulent avec une rapidité inexprimable, qui s'y croiſent ſans ſe confondre, & qui s'y heurtent ſans rien perdre de leur premiére direction ? Quelque parti qu'on prenne, il y a certainement de quoi s'étonner : mais le premier des deux me paroît moins violent.

On objecte encore, que ſi la lumiére étoit préſente par-tout, & qu'elle devînt ſenſible par la ſeule action des corps lumineux, il n'y auroit jamais de ténébres ; parce que cette preſſion, ce choc ſe diſtribueroient confuſément dans toutes ſortes de directions, & à toute la maſſe de ce fluide, comme il arrive à une liqueur contenue dans un tonneau, lorſqu'elle eſt frappée par quelque endroit que ce ſoit.

Mais les arguments que l'on tire de pareilles comparaiſons ne ſont pas aſſez concluants ; parce qu'il y a toujours beaucoup de diſparité, & qu'on

XV. Leçon.

est en droit d'en supposer encore plus qu'on n'en apperçoit, attendu le peu de connoissance que nous avons de ces grands ressorts de la nature. Le *tonneau* qui contient la lumiére que le soleil anime, ce n'est pas moins que l'univers ; & si dans l'exemple dont on veut se prévaloir, l'eau n'est secouée également dans toutes ses parties qu'à cause de la réaction prochaine du vaisseau, on aura peine à trouver quelque chose qui réponde à ces parois solides & rapprochés, quand on prétendra que le même effet doit se trouver dans le vaste fluide qui reçoit l'action des astres & des autres corps lumineux.

D'ailleurs, quand un rayon solaire est introduit dans une chambre obscure, il n'est pas vrai, si l'on veut parler exactement, que la chambre ne soit éclairée que dans la direction de ce jet de lumiére vive, elle l'est encore, quoique plus foiblement, dans les autres endroits : sans cela verroit-on le rayon ailleurs que dans lui-même ? L'œil placé à côté & à une distance assez considérable, l'apperçoit, comme l'on sçait, très-distinctement ; ce

qui prouve que toute la lumiére éteinte qui remplit la chambre, reçoit quelque ébranlement de celle qui forme le rayon ; à peu-près comme l'air qui ne reçoit pas le ſon directement à cauſe de quelque obſtacle impénétrable, ne laiſſe pas que de retentir un peu, par la ſecouſſe qu'il reçoit, des rayons ſonores qui paſſent au-deſſus, ou à côté.

On me répliquera, ſans doute, que cette lumiére qui ſe fait ſentir hors du rayon, eſt un effet de la réflection cauſée par l'air dans lequel il paſſe, ou par les pouſſieres dont ce fluide eſt toujours chargé ; mais je puis répondre que j'ai vu encore aſſez diſtinctement ce même jet de lumiére, lorſque j'avois ſoin de le faire paſſer par un tuyau de verre bien net, dans lequel j'avois fait le vuide, le plus parfait qu'il eſt poſſible de faire, avec une bonne machine pneumatique (*a*). Les réflections alors devoient être nulles,

(*a*) Cette expérience exige beaucoup de ſoins, & des précautions aſſez délicates. Il faut 1°. que la chambre ſoit bien obſcure. 2°. Que le jet de lumiére vienne directement du ſoleil dans un beau jour d'été. 3°. Que ce rayon ſolaire ait au moins un pouce de diamétre.

XV. LEÇON. ou comme telles, puiſque l'air avoit été pouſſé à ſes derniers dégrés de raréfaction, & que les petits corps étrangers qui s'y trouvent ordinairement mêlés, s'en étoient ſéparés dès les premiers coups de piſton (*a*).

Enfin, l'on objecte encore, contre l'opinion Cartéſienne, que dans un eſpace rempli de globules on ne conçoit pas comment les impulſions pourroient toujours ſe communiquer en lignes droites; parce qu'il n'eſt pas poſſible, dit-on, de ſuppoſer que tous les centres de ces petites ſphéres ſe trouvent juſtement allignés dans toutes les directions imaginables. Mais comprend-on mieux dans l'autre ſyſtême, comment ces petits êtres globuleux

4°. Que le tuyau de verre dans lequel on le fait paſſer ſoit deux ou trois fois plus gros que lui, afin qu'il ſoit plus aiſé de l'y maintenir d'un bout à l'autre, ſans qu'il en touche les parois. 5°. Que le verre plan qui le ferme par un bout ne ſoit pas trop épais. 6°. Que par l'autre bout le rayon ſolaire ſoit reçu ſur un miroir incliné à 45 dégrés, qui le détourne dans un tuyau de métal placé à retour d'équerre, afin qu'aucune partie de cette lumiére ne ſoit réfléchie dans le tuyau de verre.

(*a*) Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences 1740, pag. 243.

tombant sur des surfaces qui ne sont pas réguliéres, (car à la rigueur on n'en connoît pas de telles,) sont cependant toujours l'angle de leur réflection sensiblement égal à celui de leur incidence, par rapport à ces surfaces ? C'est un effet qu'on voit arriver communément, malgré l'obstacle qui semble devoir l'empêcher : il en est apparemment de même de l'alignement des centres, dont on suppose, & dont on veut faire valoir le défaut, puisque nonobstant l'irrégularité reconnue des surfaces polies, le rayon de lumiére ne laisse pas de se réfléchir assez réguliérement : il faut donc que la nature ait des ressources que nos spéculations n'embrassent point encore ; dans ces sortes de questions l'on ne prendroit jamais aucun parti, si l'on ne vouloit épouser absolument que celui qui seroit au-dessus de toute difficulté apparente. Les rayons sonores s'alignent fort bien dans l'air, & leurs réflections se font assez réguliérement, comme le prouvent les échos ; si quelqu'un prétendoit que ces effets n'arrivent que parce que les parties ou molécules

VX. LEÇON.

de l'air ne sont pas globuleuses, je lui accorderois volontiers que celles de la lumiére ne le sont pas non plus : je ne leur attribue cette figure que pour en adopter une, & parce que l'imagination ne m'en fournit aucune autre qui s'accorde mieux qu'elle avec les phénoménes, mais à parler franchement, j'ignore de quelle figure sont les parties de ces fluides subtils sur lesquels nos sens n'ont point de prise, & je suis prêt à leur attribuer celle qui conviendra le mieux ; & contre laquelle on ne trouvera plus rien à objecter : en attendant que nous ayons sur cela les éclaircissements qui nous manquent, & que nous n'aurons probablement pas si-tôt, regardons les parties de la lumiére comme des globules, conformément au langage reçu en Physique. (*a*)

(*a*) Sur la propagation de la lumiére, on fera bien de lire une belle dissertation, de feu M. Jean Bernoulli, qui a remporté le prix de l'Académie des Sciences en 1736.



II. SECTION.

Des directions que suit la lumiére dans ses mouvements.

IL en est de l'action de la lumiére, comme du mouvement des autres corps : conformément à la loi générale de la nature, elle suit, autant qu'elle peut, la premiére détermination qu'elle a reçue ; ses rayons s'étendent en lignes droites, tant qu'il ne se rencontre aucun obstacle, ni aucun nouveau milieu qui en change la direction, & les phénoménes qui en résultent sont l'objet d'une science qui se nomme *Optique proprement dite*, pour la distinguer de l'*Optique générale*, qui comprend tout ce qui concerne la lumiére & ses différentes modifications.

A la rencontre d'un corps opaque, l'action de la lumiére se réfléchit communément, & produit d'autres effets : on les a compris sous une théorie particuliére, à laquelle on a donné le nom de *Catoptrique*.

XV. LEÇON.

Enfin, cette même action se réfracte dans bien des occasions en passant d'un milieu dans un autre qui est plus aisé ou plus difficile à pénétrer pour elle; cela donne lieu encore à d'autres phénoménes qu'on a assujettis à des loix, & ce sont les principes d'une troisiéme science appellée *Dioptrique.* Suivons les mouvements de la lumiére sous ces trois points de vue.

ARTICLE PREMIER.

De la lumiére directe ; ou, des principes de l'Optique proprement dite.

Nous considérerons ici la lumiére comme exerçant ses mouvements dans un milieu parfaitement libre; ou, pour ne pas nous écarter de l'état naturel, nous supposerons au moins que la lumiére se meut dans un milieu homogéne, c'est-à-dire, d'une résistance uniforme dans toute son étendue: telle est une masse d'eau ; tel est un morceau de crystal, ou si l'on veut, une masse d'air dans une région déterminée de l'atmosphére; & lorsque pour la facilité de l'expression, je dirai que la lumiére *passe*, qu'elle se *transmet*,

qu'elle *part* d'un tel point, qu'elle *arrive* à tel autre, le lecteur se souviendra, qu'il ne s'agit point d'une translation réelle attribuée aux globules de la lumiére, mais seulement d'une action ou d'un choc qu'ils se communiquent les uns aux autres sans se déplacer, comme je l'ai déja fait entendre dans la premiére section, & comme je vais l'expliquer d'une maniére plus particuliére.

Il faut croire que ces globules sont autant de petits corps élastiques, par les vibrations desquels se transmet de proche en proche, le choc réïtéré du corps lumineux, de la même maniére à peu-près qu'on a vu dans la quatriéme Leçon, celui d'une boule d'ivoire passer en un instant d'un bout à l'autre d'une file de pareilles boules : on concevra aisément, que si quelqu'un appuyoit son doigt contre la derniére, il sentiroit ce choc toutes les fois qu'on l'imprimeroit à la premiére : ainsi l'organe au fond duquel aboutit une suite de ces globules, dont nous supposons que la lumiére est composée, ne manque pas d'être ébranlé par les vibrations que fait faire à ces petits res-

XV. LEÇON.

ſorts l'impulſion réïtérée du corps enflammé qui brille à quelque diſtance.

On entendra mieux ceci en ſe rappellant ce que nous avons dit de la flamme dans la XIVe. Leçon : elle y eſt repréſentée comme étant l'écoulement d'un fluide embraſé, ou plutôt, comme la diſſipation continue d'une vapeur lumineuſe. Les parties propres d'un corps combuſtible, du bois, par exemple, de la cire fondue, ou du ſuif, diviſées de plus en plus par les dégrés de chaleur qui ont précédé, arrivent à un tel point de dilatation, que les particules de feu qu'elles renferment ſe découvrent enfin par autant de petites exploſions. Si cela n'arrivoit qu'une fois, la matiére de la lumiére qui environne ce petit éclat ne recevroit qu'une ſeule ſecouſſe, & l'oeil par cette impulſion momentanée n'appercevroit qu'une étincelle: mais comme je l'ai dit, la flamme eſt un écoulement ; la particule enflammée qui ſe diſſipe, fait place à une autre qui éclate bientôt comme elle, & qui réïtére le choc ſur la même file de globules au bout de laquelle ſe trouve l'oeil du ſpectateur ; chaque

point du corps enflammé produit le même effet, & c'est ainsi que toute sa surface embrasée devient continuellement visible.

Les corps qui sont lumineux de cette maniére, s'épuisent nécessairement, & n'ont qu'une certaine durée, puisque le feu qui brille en eux, ou à leur superficie, ne se montre qu'en dissipant leur propre substance; mais il est possible que ce même élément sans passer au-dehors, sans rien dissiper, conserve dans les pores d'une matiére, un mouvement de vibration précédemment acquis, & que faisant l'effet d'une petite flamme, il mette en jeu la matiére de la lumiére du dehors, avec laquelle il communique, comme cela arrive vraisemblablement à plusieurs des phosphores dont j'ai parlé plus haut.

Une file de globules animés d'un mouvement de vibration, comme je viens de l'expliquer, est à proprement parler, ce que l'on doit nommer *Rayon de lumiére*; & comme chaque point d'une flamme peut être apperçu de tous côtés, on doit concevoir que le plus petit corps lumineux est le centre

XV. LEÇON.

commun d'une infinité de ces rayons ſimples qui forment autour de lui une ſphere d'une certaine étendue. *Fig.* 1.

Mais il eſt à préſumer qu'un filet de lumiére réduit à ce dégré de ſimplicité ne ſeroit pas ſenſible ; celui qu'on fait paſſer par un trou d'épingle & que nous appercevons dans un lieu obſcur, doit être déja conſidéré comme un faiſceau qui contient peut-être plus de mille de ces rayons ſimples. C'eſt par cette raiſon, qu'un rayon ſenſible de lumiére n'eſt pas naturellement d'une groſſeur égale dans toute ſa longueur ; car puiſque les globules qui le compoſent ſont rangés ſur des lignes qui partent d'un centre commun, quand le corps lumineux ne ſeroit qu'un point comme on le voit en *A Fig.* 2. il eſt évident que ce rayon doit former une pyramide, comme *AB*, dont la baſe ſe préſente à l'œil.

Cet écartement que ſouffrent les filets de lumiére, en partant d'un point *radieux* ou *rayonnant*, s'appelle *Divergence*, & ſe meſure par la grandeur de l'angle que ces rayons forment entr'eux. Ainſi *CD*, *CE*, *Fig.* 3.

ſont deux rayons divergens, mais qui le ſont moins que *CF*, *CG*.

Un corps lumineux d'une certaine grandeur, tel, par exemple, que la flamme d'une bougie, étant composé d'une infinité de points radieux, il faut néceſſairement que les jets de lumiére qui partent de ces différents points, aillent à la rencontre les uns des autres, ſe joignent & ſe croiſent les uns plus près, les autres plus loin, ceux-ci plus bas, ceux-là plus haut, à gauche & à droite, &c. comme on le peut voir par la *Fig*. 4, dans laquelle, pour éviter la confuſion, je n'ai marqué que trois de ces points rayonnants, avec quelques-unes ſeulement de leurs pyramides lumineuſes, ou faiſceaux de rayons divergents.

Cette diſpoſition reſpective des rayons qui venant de pluſieurs objets, ou de différents points du même objet, vont ainſi ſe joindre & ſe croiſer, s'appelle *Convergence*, & ſe meſure de même que la divergence par la grandeur des angles : ainſi les rayons qui partent des points *H*, *H*, *Fig*. 5, ſont tous convergents, les uns en *I*, les autres en *K*; mais ceux qui aboutiſſent

XV. LEÇON.

en *I* sont plus convergents entr'eux que les autres, parce qu'ils forment un plus grand angle, ou, ce qui revient au même, parce que leur point de convergence est plus près des corps lumineux d'où ils procédent.

De tout ceci l'on peut conclure, 1°. Qu'en quelque endroit qu'on présente un plan vis-à-vis d'un point radieux, ce plan deviendra comme la base d'une pyramide de lumiére.

2°. Que le plan sera moins éclairé, à mesure qu'il s'éloignera davantage du point radieux.

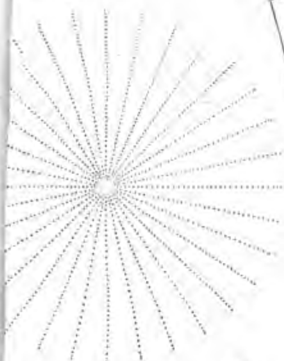
3°. Que si le corps lumineux est d'une grandeur & d'une figure sensibles, ce même plan deviendra la base commune d'autant de pyramides de lumiére, qu'il y aura de points radieux tournés vers lui.

4°, Enfin, que si au lieu d'un plan qui arrête la lumiére, on fait un trou dans un carton, ou dans une planche mince, les pyramides lumineuses qui viennent des différents points de l'objet s'y croiseront passant de droite à gauche, de gauche à droite, de haut en bas, de bas en haut, &c. Rendons tout cela sensible par des expériences.

I. EXPERIENCE.

ig. 2 . A

Fig. 1.



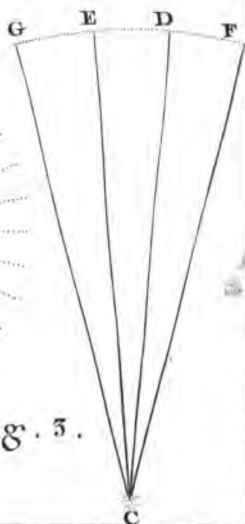
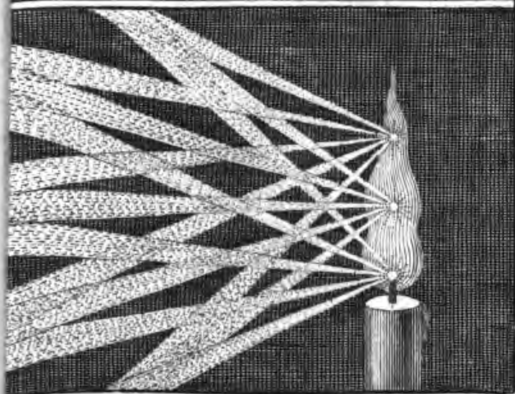


Fig. 3.

Fig. 4.



I. EXPERIENCE.

Preparation.

ABCD, *Fig.* 6. repréſente le volet d'une chambre bien fermée & bien obſcure expoſée au midi, ou à peu-près. A trois ou quatre pieds au-deſſus du plancher, ce volet eſt percé à jour pour recevoir une caiſſe *EFGH*, de 18 pouces de haut, & d'un pied de largeur, dont les côtés ſont arrondis circulairement, pour lui donner la liberté de tourner horiſontalement ſur deux pivots *I*, *I*, à la maniére des tours qu'on a coutume de pratiquer dans les parloirs des Religieuſes. Le devant de cette caiſſe qui paſſe hors de la fenêtre eſt entiérement ouvert, & porte en avant trois miroirs de métal plus longs que larges, & mobiles ſur toutes ſortes de ſens. Le derriére de cette même caiſſe répond dans la chambre, & eſt entiérement fermé, à la réſerve de trois trous *a*, *c*, *b*, d'un pouce de diamétre chacun, & pratiqués dans une ligne horiſontale à égale diſtance l'un de l'autre, à peu près à la demi-hauteur de la caiſſe. Ces

trous peuvent se rétrécir par des diaphragmes, recevoir des verres de différentes sortes, ou se fermer entiérement quand il en est besoin. *FK*, est une regle de bois de 6 pieds de longueur sur 4 pouces de large, qui tient d'une part à la caisse & est appuyée de l'autre sur un pied dans une situation horisontale. *L* est une platine de bois ou de métal élevée verticalement, & portée sur un pied qu'on fait glisser suivant la longueur de la regle, pour l'éloigner ou l'approcher de la caisse: il faut avoir plusieurs de ces platines, dont les unes soient couvertes de drap noir, les autres peintes en blanc, & quelques-unes que l'on puisse percer aisément d'un ou de plusieurs trous, quand l'expérience l'exige.

Par le moyen de cette machine, on peut faire commodément quantité d'expériences sur les rayons solaires: car en les recevant sur les miroirs qui sont au-dehors, & que l'on peut manier, en ouvrant pour un moment l'autre volet de la même fenêtre (*a*), qu'on suppose en avoir deux, comme

(*a*) Ou bien si la partie de la caisse qui est dans la chambre, se trouve assez longue, on

cela est pour l'ordinaire, on leur fait prendre une situation horisontale pour passer dans la chambre par les trous *a*, *c*, *b*, où ils reçoivent la forme & la couleur qu'on veut qu'ils ayent, par le moyen de certains verres ou des diaphragmes qu'on y met; & comme on peut faire tourner horisontalement la caisse & la regle *FK*, & tout ce qui est posé dessus, on a l'avantage de suivre, autant qu'on le veut, le mouvement du soleil, & de voir à son aise les effets qu'on s'est proposé d'examiner. XV. LEÇON.

Pour l'expérience dont il s'agit maintenant, on doit fermer entiérement les deux trous, *a*, *b*, & ajuster par-dedans la caisse à celui du milieu, un tuyau de deux pouces de longueur qui porte une lentille de verre blanc de 18 lignes, ou environ, de diamétre, & dont le foyer se trouve précisément en *c*, comme le bout du tuyau, qui doit avoir en cet endroit deux lignes d'ouverture; par ce moyen le jet de lumiére qu'on fait entrer dans la

peut pratiquer à l'un de ses côtés une petite fenêtre qui s'ouvrira quand on voudra changer l'inclinaison des miroirs.

XV. LEÇON.

chambre, se divise en une infinité de rayons divergents, & représente fortement & d'une maniére bien vraie, ce qu'on doit entendre par un point radieux, ou un petit corps lumineux.

Il faut placer devant ce point radieux, à 5 ou 6 pouces de distance, une platine verticale & mince *L*, percée de plusieurs trous ronds, qui ayent chacun 4 lignes de diamétre, & plus loin une autre platine, ou un carton blanc, *M*, que l'on fera avancer & reculer plus ou moins.

EFFETS.

On apperçoit sur le carton *M* autant de cercles lumineux qu'il y a de trous à la platine *L* : ces cercles s'agrandissent, & leurs centres s'écartent les uns des autres à mesure que l'on recule davantage le plan qui les reçoit.

EXPLICATION.

Les images circulaires qu'on apperçoit sur le carton *M* sont formées par des jets de lumiére que la platine *L* n'a pu intercepter, étant trouée aux endroits de son plan où ces jets se sont présentés : on conçoit assez qu'on

verroit le même effet se multiplier autant qu'on le voudroit, si l'on augmentoit le nombre des trous; d'où il suit que dans toute l'étendue de la platine du côté qui regarde le point radieux *c*, il n'y a pas un espace circulaire de 4 lignes de diamétre, qui ne reçoive un jet de lumiére semblable à l'un de ceux qu'on voit passer par les trous de cette même platine.

On ne peut pas douter que ces jets n'ayent la forme d'une pyramide, puisqu'à une plus grande distance de leur origine, ils marquent de plus grands cercles sur le carton qui les reçoit; & cela doit être, car ce sont des faisceaux ou des assemblages de rayons divergents, qui partent du point *c*, comme d'un centre commun: par la même raison, les jets eux-mêmes vont en s'écartant les uns des autres de plus en plus; ce qui fait, que non-seulement chaque cercle s'agrandit à mesure qu'on éloigne le carton, mais encore que les centres de ces cercles s'éloignent les uns des autres.

XV. LEÇON.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Tout étant disposé comme dans l'expérience précédente, il faut placer à un pied de distance du point radieux *c* une grande platine verticale *l*. percée au milieu d'un trou rond de 6 lignes de diamétre, & recevoir sur le carton *m* la lumiére qui passera par ce trou : premiérement à un pied de distance de cette platine, ensuite à 2 pieds, à 3 pieds, &c. & mesurer avec un compas le diamétre du cercle lumineux à tous les endroits où l'on arrêtera le carton, *Fig.* 7.

EFFETS.

En procédant ainsi on peut remarquer 1°. que la lumiére s'affoiblit sur le carton *m*, à mesure qu'on l'éloigne de la platine trouée. 2°. Que le cercle lumineux s'agrandit de maniére qu'il acquiert un diamétre double, triple, quadruple, &c. lorsqu'on éloigne le carton *m* de deux, de trois, de quatre pieds, &c. du trou *c*, où est le point radieux.

Explication.

L'affoibliſſement de la lumiére qu'on remarque ſur le carton à meſure qu'on le recule, eſt une ſuite néceſſaire de la divergence des rayons ; car puiſqu'ils vont en s'écartant toujours de plus en plus les uns des autres, leur écartement doit être plus grand à une plus grande diſtance du point radieux *c*, & plus ils occupent d'eſpace ſur le plan qui les reçoit, moins il y en a ſur chaque partie de cet eſpace.

Comme le diamétre du cercle lumineux à deux pieds de diſtance du point radieux ſe trouve deux fois auſſi grand qu'il étoit à un pied, & qu'à 3 & à quatre il eſt triple & quadruple, on doit en conclure, que les rayons ſont à la ſeconde diſtance, 4 fois, à la troiſieme 9 fois, à la quatriéme 16 fois, plus raréfiés qu'à la premiére ; parce que les eſpaces circulaires ſont entr'eux comme les chiffres 1, 4, 9, 16, &c. lorſque leurs diamétres ſont exprimés par ceux-ci 1, 2, 3, 4, &c. & comme les quatre premiéres quantités qui repréſentent les dégrés de raréfaction des rayons ſont les quarrés

XV. LEÇON.

(*a*) des quatre derniéres qui marquent les distances où l'on a mesuré le cercle lumineux, on peut dire en général : que *la lumiére qui vient directement du point radieux se raréfie, ou s'affoiblit, en raison du quarré de la distance ;* de sorte que si un petit morceau de carton, par exemple, qui seroit égal au trou de la platine qui est à la premiére distance, étoit placé dans le cercle lumineux de la seconde distance, il y seroit quatre fois moins illuminé ; à 3 pieds il le seroit neuf fois moins ; & à 4 pieds, il ne recevroit que la seiziéme partie des rayons que sa circonférence embrassoit quand il n'étoit qu'à un pied du trou *c.* (*b*)

APPLICATIONS.

L'œil étant l'organe de la vue, & les effets dont j'ai à parler étant

(*a*) On appelle *quarré* le produit d'une quantité multipliée par elle-même : 4 est le quarré de 2 : 9, celui de 3 ; parce que deux fois 2 font 4, & que trois fois 3 font 9.

(*b*) Je ne considére ici, comme l'on voit, que cet affoiblissement de la lumiére qui vient de la divergence des rayons, faisant abstraction des autres causes qui produisent le même effet, & dont j'aurai occasion de parler ailleurs.

presque

presque tous relatifs à la vision, il seroit tout-à-fait convenable que l'on sçût d'abord comment ce sens est affecté par la lumiére, & par quel méchanisme les rayons extérieurs portent leur action jusqu'au dedans: mais comme tout ce que j'aurois à dire sur cela tient à des principes qui ne sont point encore exposés, & qui ne peuvent l'être à présent, je suis forcé de différer cette instruction, & je ne considére maintenant que la prunelle de l'œil, comme une ouverture circulaire qui reçoit ou qui donne passage aux rayons émanés de l'objet lumineux ou illuminé.

XV. LEÇON.

Je dis lumineux ou illuminé; car quoique je n'aye encore pris pour exemples que des corps qui luisent de leur propre fond, comme un astre, une bougie allumée, un phosphore, il faut sçavoir que tout autre objet devient sensible par l'action réfléchie de la lumiére qui l'éclaire; de sorte qu'on peut regarder chaque point visible de sa surface comme étant vraiment *radieux*, à cela près que les rayons qui en viennent, ne sont pas en si grand nombre & n'ont pas au-

XV. LEÇON.

tant d'activité que ceux d'un corps embrasé ou flamboyant. Si l'on faisoit, par exemple, en plein jour les deux expériences que je viens de rapporter, & qu'on couvrît le point radieux *c* avec un petit morceau de carton blanc, l'œil placé devant la platine *L* appercevroit cet objet par tous les trous qu'on y pourroit faire, fussent-ils au nombre de mille; & si au lieu de présenter un carton plein *M* aux différentes distances dont j'ai parlé, on se servoit d'un carton percé à jour, l'œil appercevroit encore le même objet dans toute l'étendue d'un trou rond dont le diamétre pourroit croître en raison directe des distances.

On croira aisément que si la platine *L* placée devant le point radieux *c* étoit aussi large que l'embrasure de la fenêtre où se fait l'expérience, en quelqu'endroit qu'on y perçât un trou, l'œil du spectateur placé derriére appercevroit par-là le point *c*; & que si au lieu d'un trou, on en perçoit 100, autant de personnes pourroient faire ensemble la même épreuve, parce qu'il n'y en auroit aucune qui ne re-

çût en même-tems que les autres un faiſceau de rayons divergents procédants du point radieux : c'eſt par la même raiſon qu'un peuple entier voit tout-à-la-fois ce qui ſe préſente à ſes yeux dans une place publique, qu'une troupe nombreuſe de ſoldats obéït à un ſeul ſignal, qu'un aſtre dans le même inſtant peut être apperçu par tous les êtres clair-voyans qui habitent une grande partie de la terre ; car autour d'un corps lumineux qui eſt iſolé, il n'y a pas un endroit large comme la prunelle de l'œil du plus petit animal, qui ne puiſſe recevoir la baſe d'une pyramide de rayons animés ou renvoyés par cet objet.

Les pyramides de lumiére qui viennent du point radieux à l'œil, & que nous nommerons ſimplement *rayons*, quand nous n'aurons en vue que leur direction, ou la ligne qui leur ſert d'axe, font parfaitement droites dans un milieu homogêne : cette vérité, dont nous faiſons tous les jours l'épreuve depuis notre enfance, eſt reçue comme un axiôme : c'eſt en vertu de cette connoiſſance, que le chaſſeur eſtime la perdrix dans la direction de

XV. LEÇON.

son fusil ; qu'un ingénieur, pour aligner un chemin ou un fossé plante des piquets, dont les extrémités se trouvent rangées dans le rayon visuel ; qu'un Géométre juge un objet dans l'allignement des pinules ou de la lunette de son instrument : car si l'on n'étoit pas bien sûr que le rayon qui va de l'objet à l'oeil est parfaitement droit dans toute sa longueur, on ne pourroit pas légitimement conclure la position de cet objet, par la partie du rayon visuel qui auroit suivi l'instrument en arrivant à l'oeil.

C'est encore sur la foi de cet axiôme & par la grande habitude que nous avons de voir, que nous déterminons la direction dans laquelle se trouve chaque point visible d'un objet, & sa distance quand elle n'est pas grande. A l'égard de la direction, nous voyons toujours l'objet dans la longueur indéterminée de l'axe de la pyramide lumineuse qui nous le fait sentir dans la ligne *PQ*, *Fig.* 8 ; & quant à la distance, nous le rapportons ordinairement à l'endroit de cet axe, où les rayons divergents qui entrent dans l'oeil, iroient en droite li-

gne se réunir ou se croiser, s'ils retournoient sur leurs pas, en *R*, par exemple. Cette regle nous domine tellement dans la vision des objets, que nous la suivons comme malgré nous, lors même que la réfléxion nous apprend qu'elle nous trompe, comme on le verra dans la suite par le détail que nous ferons de ses exceptions.

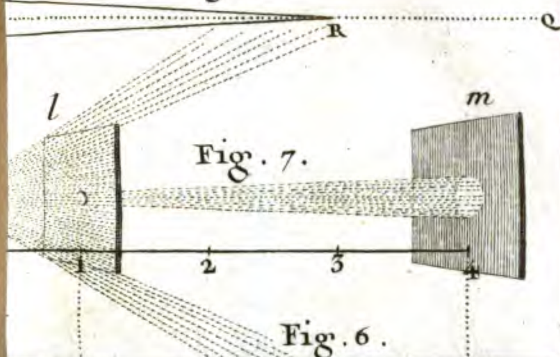
XV. LEÇON.

Au reste, ce n'est pas seulement la vue qui nous fait juger ainsi de la distance & de la direction des objets qui sont hors de nous ; cela est commun aux autres sens, quoique peut-être avec moins de précision. Un aveugle qui cherche le feu pour se chauffer, s'avance en droite ligne autant qu'il peut vers l'endroit d'où il sent que vient la chaleur, & il juge qu'il en est assez près, par l'impression plus ou moins forte qu'il en ressent. Nous allons de même à la découverte du corps odorant ou du corps sonore, & nous connoissons à peu près son dégré de proximité, par la quantité d'odeur ou de son qui frappe l'organe ; si les échos nous trompent, si quelquefois nous avons peine à décider de quel

XV. Leçon.

côté eſt une cloche dont le ſon ſe répete fortement, n'eſt-ce point parce que nous ſçavons dès nos plus tendres années, que le ſon nous vient naturellement en ligne droite & ſans détours, du lieu où l'on le fait naître ?

Puiſque la viſion des objets ſe fait en ligne droite, on doit s'attendre qu'elle n'aura pas ſon effet, quand cette ligne ſera interrompue par quelque obſtacle. Nous avons déja obſervé dans la VIIe. Leçon qu'un vaiſſeau qui vient de la pleine mer au continent apperçoit les clochers & les cheminées d'une ville, avant que de voir le rez-de-chauſſée des édifices, & que ceux qui ſont dans le port & qui commencent à découvrir ce vaiſſeau arrivant, reconnoiſſent le haut des mâts & des voiles, avant que de voir le corps du bâtiment : c'eſt, comme je l'ai dit alors, un effet de la convexité de la mer qui ſuit celle du globe terreſtre dont elle fait partie ; mais cela n'arrive ainſi que parce que cette courbure de la ſurface de l'eau interrompt le rayon viſuel du ſpectateur qui cherche à voir la partie la plus baſſe de l'objet. Voyez la fig. 8. tom. II. p. 266.


Fig. 8.
R
Q
l
m
Fig. 7.
1
2
3
4
Fig. 6.
M
L
K

Ce ſont ces obſtacles par leſquels les rayons de lumiére ſe trouvent interrompus, qui produiſent ce que l'on appelle *ombre* (*a*), en empêchant que le mouvement de vibration imprimé aux files de globules par le corps lumineux, comme je l'ai expliqué précédemment, ne ſe communique plus loin. L'ombre n'eſt donc autre choſe, à proprement parler, qu'une lumiére éteinte, par l'interpoſition d'un corps opaque: elle doit occuper par conſéquent tout l'eſpace qui ſeroit illuminé par cette portion de lumiére, ſi elle avoit le mouvement qu'elle ne peut plus recevoir. On peut s'en convaincre aiſément, ſi l'on en doute, en bouchant en tout ou en partie le trou de la platine *l*; car alors le cercle lumineux qu'on a coutume de voir ſur le carton blanc *m* diſparoîtra entiérement, ou bien il ſouffrira un retranchement qu'on verra croître

(*a*) Il y a bien des choſes curieuſes à dire au ſujet de l'ombre : l'abondance des matiéres que j'ai à traiter dans ce volume m'oblige à remettre celle-ci à une autre occaſion: j'en pourrai parler dans la XVIII. Leçon, où il s'agira du mouvement des aſtres & des effets qui en réſultent.

XV. LEÇON.

dans la même proportion que lui, à mesure qu'on reculera le carton pour l'éloigner du point radieux *c*.

Il suit de-là, qu'un petit obstacle produit beaucoup d'ombre, lorsqu'il est près du corps lumineux, & qu'il en fait moins à mesure qu'il s'en éloigne davantage : la proportion est telle que le nombre des rayons interceptés diminue comme le quarré de la distance qui augmente ; c'est-à-dire, que quand l'obstacle est à une distance double, triple ou quadruple, il intercepte 4 fois, 9 fois, ou 16 fois moins de lumiére, que quand il étoit à la premiére distance ; car puisqu'une pyramide de rayons divergents occupe sur le carton placé à la deuxiéme distance 4 fois plus d'espace qu'à la premiére, il est évident qu'un corps opaque d'une grandeur déterminée qui, à la distance d'un pied, arrêteroit toute cette pyramide, n'en doit plus arrêter que le quart à la distance où le cercle formé par cette lumiére se trouve 4 fois plus grand que lui.

On voit par-là, pourquoi les taches qui viennent aux yeux vis-à-vis de la prunelle n'empêchent pas ab-

ſolument de diſtinguer les objets, tant qu'elles n'en couvrent qu'une petite portion; car comme elles n'interceptent qu'une partie des rayons divergents qui forment chaque pyramide lumineuſe, elles en laiſſent encore paſſer aſſez de chacune pour rendre ſenſible, quoique plus foiblement, tous les points d'où partent ces pyramides. Les perſonnes qui ont les yeux dans cet état, peuvent ſuppléer en quelque façon au nombre des rayons qui leur manquent, par l'activité de ceux qui reſtent, en éclairant l'objet d'une lumiére plus forte : il y a même des moyens pour faire entrer par la partie de la prunelle qui n'eſt point couverte plus de rayons qu'il ne s'en préſente naturellement, & par-là dédommager l'œil de ce que ſa tache lui fait perdre; mais outre que ces moyens n'appartiennent point à l'action immédiate de la lumiére dont nous ſommes maintenant occupés, ils ont l'inconvénient de changer la divergence des rayons, & nous ferons voir ailleurs, que bien loin d'aider la viſion, cela peut y nuire, quand l'œil n'a point d'autre défaut que celui d'être taché.

XV. LEÇON.

Comme on voit la lumiére s'affoiblir sur le carton *m*, à mesure qu'on l'éloigne du point *c*, on doit penser qu'elle diminue de même sur l'œil qui la reçoit, lorsqu'il s'écarte de plus en plus de l'objet qu'il regarde : ce qui fait qu'à un certain dégré d'éloignement nous cessons de le voir; car nous ne pouvons le distinguer que par les points lumineux ou visibles de sa surface : or ces points cessent d'être sensibles pour nous, dès que les jets de lumiéres qui en viennent font des impressions trop foibles sur l'organe ; & c'est ce qui arrive, lorsque nous regardons de trop loin, parce qu'alors ces jets, à cause de la divergence de leurs rayons, se trouvent trop raréfiés, pour que ce qu'il en entre dans la prunelle, puisse se faire sentir suffisamment (*a*); mais ce dé-

(*a*) Quoique ceci doive entrer en considération pour les objets qu'on regarde de loin, je ne prétends pas pour cela que ce soit la cause principale qui nous les fait perdre de vue : à une certaine distance, les rayons qui viennent à l'œil d'un même point de l'objet, sont comme paralleles entr'eux ; leur divergence est si petite, qu'elle ne contribue presque plus à leur affoiblissement : cet effet dépend plus essentiellement de quelques autres causes dont je ferai mention ci-après.

gré d'éloignement où la vue manque, varie ſelon l'état de l'œil, la nature ou les qualités de l'objet, & l'intenſité de la lumiére qui le rend viſible.

Quand je dis l'état de l'œil, je ne prétends parler ici que de ſon dégré de ſenſibilité : il n'eſt point encore tems de raiſonner ſur la figure de ſes humeurs, dont les changemens influent plus que toute autre choſe ſur l'étendue de la viſion diſtincte : il eſt certain que cet organe eſt, comme tous les autres, plus ſenſible dans certaines perſonnes, dans certains animaux, & qu'il eſt ſujet auſſi à vieillir, à s'uſer, à ſe gâter : l'âge, les maladies, l'abus qu'on en peut faire en l'appliquant trop long-tems ou trop ſouvent à des objets fort lumineux ; tout cela eſt bien capable d'altérer la ſenſibilité de l'œil ; & telle lumiére que la diſtance a rendu trop foible pour toucher efficacement celui-ci, fera encore une impreſſion ſuffiſante ſur celui-là s'il eſt mieux conſtitué, ou mieux conſervé : bien des gens voyent par cette ſeule raiſon plus diſtinctement que d'autres tous les

XV. LEÇON.

objets, & les découvrent de plus loin.

Les efforts qu'on fait pour appercevoir ce qui est fort éloigné, tendent à dilater la prunelle autant qu'il est possible, pour recevoir un plus grand nombre de ces rayons trop raréfiés : c'est un moyen que la nature inspire, & qui a son effet : mais il est bien limité; l'art en fournit d'autres qui sont beaucoup plus puissants, & dont je parlerai quand l'ordre des matiéres le permettra.

Les personnes dont les yeux sont très-sensibles, & qui ont, comme on dit, *la vue tendre*, ont l'avantage de voir où les autres ne voyent pas : il s'en est trouvé qui lisoient pendant la nuit sans chandelle, & qui distinguoient tout dans des souterreins & dans des cachos très-obscurs; mais pour l'ordinaire elles ont le désavantage de ne voir qu'avec peine les objets qui sont fort éclairés & d'une couleur resplendissante; j'en connois qui ne peuvent soutenir la vue du pavé, lorsque les rayons du soleil donnent dessus en été, & qui en voyageant sur la neige, sont obligés d'avoir les yeux presque toujours fermés : ces sortes

de vues ſe fatignent auſſi fort aiſément : elles ne ſont point à l'épreuve d'une longue lecture, ſur-tout à la bougie, ni d'une longue ſuite d'obſervations délicates.

Les hiboux, les chats & les autres animaux qui chaſſent pendant la nuit, ont des yeux qui s'ouvrent beaucoup ; comme ils ne voient ordinairement que par des rayons de lumiéres très-foibles & très-raréfiés, la nature leur a donné le moyen d'en recevoir un plus grand nombre ; elle a joint ſans doute à cet avantage celui d'un organe très-ſenſible : car on peut remarquer que la grande lumiére fait mal à ces animaux, & que quand ils y ſont expoſés, pluſieurs d'entr'eux ont ſoin de rétrécir beaucoup la prunelle, à quoi la nature a encore pourvu par une organiſation particuliére.

L'eſpéce & les qualités de l'objet font encore qu'on l'apperçoit à une diſtance plus ou moins grande. Si c'eſt un corps lumineux par lui-même, comme la flamme & tout ce qui y reſſemble, tous les points de ſa ſurface ſont radieux ; & ſi cette flamme a beaucoup d'activité, les rayons de lu-

miére qu'elle anime en deviennent plus puissants ; ainsi la plus petite bougie allumée s'apperçoit de plus loin qu'un ver-luisant pendant la nuit, & l'un & l'autre beaucoup mieux qu'un corps opaque de même grandeur & également éloigné qu'on prendroit soin de bien éclairer : rien n'approche davantage de ces corps qui brillent par eux-mêmes, que les surfaces polies, & de couleurs vives, comme le blanc, le rouge, le jaune, &c. parce que d'une part il y a plus de points lumineux, & que de l'autre chacun de ces points brille davantage. On découvre de 25 ou 30 lieues & même de plus loin certaines montagnes couvertes de neige qu'on perd de vue dès que cette neige vient à se fondre.

Enfin, la maniére dont un objet est éclairé, fait encore qu'on l'apperçoit à des distances bien différentes ; car si la lumiére qui le rend visible ne part point de lui immédiatement, elle a des effets plus ou moins limités à proportion de sa force primitive, du chemin qu'elle a fait, & des milieux qu'elle a traversés avant que d'arri-

ver à l'objet qu'elle éclaire ; mais je ne dois point m'arrêter maintenant à ces considérations, parce qu'elles appartiennent à d'autres parties que j'aurai à traiter par la suite.

En considérant la diminution de la lumiére causée par la divergence des rayons, on doit penser que des comparaisons semblables à celles de notre II. Expérience ne peuvent plus la rendre sensible, cette diminution ou cet affoiblissement, quand le point radieux est à une très-grande distance, tel que seroit un point de la surface du soleil, ou d'une étoile fixe (*a*) ; car alors ces rayons sont si peu divergents, qu'on peut les regarder comme étant sensiblement paralleles. Si l'on pouvoit faire passer dans un lieu obscur un jet de lumiére venant d'un seul point du soleil (*b*), on le verroit indubitablement sous une forme, non pyramydale, mais cylindrique ; & par

(*a*) Et même à des distances beaucoup moins grandes.

(*b*) On verra par la suite que cela n'est pas facile, & qu'un rayon du soleil qui passe par le trou d'une fenêtre dans une chambre obscure, n'est pas ce que l'on demande ici.

XV. LEÇON.

conséquent à quelque distance du trou qu'on le reçût sur un plan, l'espace qui en seroit illuminé ne changeroit pas de grandeur. On voit par-là pourquoi des objets de cette espéce qui ont la force d'animer des rayons aussi longs, sont apperçus à 100 lieues plus loin comme à 100 lieues plus près : car les rayons qui viennent de chaque point de leur surface étant comme paralleles entr'eux, l'œil éloigné plus ou moins en reçoit toujours à très-peu près une égale quantité.

Mais la lumiére ne décroît pas seulement par la divergence naturelle de ses rayons, elle s'affoiblit encore en traversant les milieux mêmes les plus diaphanes ; car on a beau imaginer qu'elle y trouve des pores alignés dans toutes les directions possibles, & remplis d'une lumiére éteinte à laquelle elle n'a qu'à communiquer son mouvement, il arrive que les parties propres de ces milieux interrompent de tems en tems la contiguité des globules, & occasionnent ou des déviations ou des mouvements rétrogrades qui diminuent

nuent d'autant le progrès de la lumiére en avant. Le morceau de verre le plus mince & le plus transparent repousse toujours une partie des rayons qui se présentent à sa surface ; l'eau la plus limpide ne laisse point pénétrer la lumiére jusqu'au fond de son bassin, s'il a une certaine profondeur ; l'air de l'atmosphere ne laisse point arriver jusqu'à nous toute celle qui se dirige des astres vers notre globe, & sans lui nous distinguerions bien mieux & de plus loin les objets qui se présentent à notre vue. XV. LEÇON.

Il y a certainement de quoi méditer sur cette matiére qui est encore neuve, quoique quelques sçavans en ayent déja fait l'objet de leurs recherches : il seroit aussi curieux qu'utile, de sçavoir au juste & dans toute son étendue de combien la lumiére diminue à la surface & dans l'intérieur des corps où elle peut pénétrer, & les rapports qu'il y a entre les dégrés de transparence & les différentes épaisseurs de ces mêmes corps ; mais en attendant qu'on ait sur cela tout ce qu'il y auroit à désirer, on peut

XV. LEÇON.

EXPLICATION.

Chacun des deux trous *a*, *b*, étant précisément l'endroit où viennent se croiser les rayons solaires réfléchis par le miroir sur la lentille de verre dont l'autre bout du tuyau est garni, on doit le considérer comme un point radieux semblable à celui du trou *c*, avec cette seule différence, que la lumiére tamisée par un verre rouge ou bleu paroît dans la chambre sous l'une ou l'autre de ces deux couleurs.

Puisqu'un point radieux anime tout autour de lui des rayons divergents dont il est le centre, on doit s'attendre que chacun de ceux-ci étant découvert, illuminera entiérement la platine qui lui est opposée à deux ou trois pieds de distance, fût-elle beaucoup plus grande qu'elle n'est : voilà pourquoi le petit cercle de carton blanc placé sur le drap noir se trouve illuminé d'une lumiére, tantôt rouge, tantôt bleue, selon qu'on a découvert l'un ou l'autre des deux trous *a* ou *b*, & qu'il brille simplement d'une lumiére sans couleur, quand il n'y a que le trou *c* ouvert. C'est encore

pour la même raiſon, que ces effets ſubſiſtent conſtamment, à quelque endroit qu'on attache le petit cercle de carton ſur la platine. XV. LEÇON.

On ne peut pas douter que la même platine ne reçoive auſſi dans toute ſon étendue en même-tems la lumiére de tous les points radieux auxquels elle eſt expoſée ; puiſque les deux trous *a* & *b* étant découverts enſemble, le petit cercle de carton, en quelque endroit qu'on le mette ſur la platine, reçoit une couleur purpurine ; car il eſt évident que cela vient du mélange des deux couleurs, rouge & bleue.

Le petit cercle de carton blanc eſt illuminé plus vivement & ſans couleur par la lumiére qui paſſe en *c*, que par celle qui vient des deux autres ouvertures, parce que n'ayant que la lentille de verre à traverſer, elle ſouffre moins de déchet que dans les deux autres tuyaux, où il y a encore des verres de couleur. J'aurois à ajouter une autre raiſon au moins auſſi forte que celle-là ; mais je ne puis la faire valoir, que quand j'aurai fait connoître comment la lumiére de-

XV. LEÇON.

vient capable de colorer les objets; & en quoi elle différe alors de son état ordinaire.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette expérience se prépare comme la précédente ; mais au lieu de la platine couverte de drap noir, on en employe une autre qui est faite d'une feuille de métal qui a une demi-ligne d'épaisseur, & qui est ouverte au milieu par un trou rond de 6 lignes de diamétre ; à un pied ou 15 pouces de distance plus loin, on en présente une autre de carton blanc, & sans ouverture.

EFFETS.

Les trois trous de la caisse *a*, *b*, *c*, étant ouverts ensemble, & radieux, on apperçoit sur le carton blanc trois cercles lumineux, dont un rouge, un bleu, & un autre sans couleur, rangés sur une même ligne, mais dans un ordre opposé à celui des trous radieux ; c'est-à-dire, que le cercle rouge dont la lumiére vient du point

a se trouve en *d*, le bleu formé des rayons qui ont passé par *b* se voit en *f*: celui qui n'est point coloré occupe le milieu *e* comme le trou *c*, d'où vient la lumiére. Voyez la *Fig.* 9.

Si l'on éloigne davantage le carton de la platine trouée, il en arrive de nouveaux effets. Premiérement, chacun des trois cercles s'agrandit; & en second lieu, les centres de ceux des côtés *d*, *f*, s'éloignent davantage de celui du milieu.

EXPLICATION.

Nous avons vu par la derniére Expérience, que le petit cercle de carton blanc, en quelque endroit qu'on le mît sur la platine de drap noir, devenoit toujours comme la base commune des pyramides de lumiére qui venoient des trois points radieux *a*, *b*, *c*; ces mêmes pyramides ne trouvant plus cet obstacle, mais un passage libre à travers la platine verticale, se prolongent jusques sur le carton, chacune d'elles suit sa premiére direction: la rouge & la bleue se croisent au passage sur celle du milieu; de maniére que leurs bases prennent

XV. LEÇON.

des ſituations oppoſées à celles de leurs pointes, celle qui part de la droite aboutit à la gauche, & l'autre s'étend de la gauche à la droite.

Si le carton vient à s'éloigner davantage de la platine percée où ſe fait le croiſement, chacun des cercles lumineux devient plus grand à cauſe de la divergence des rayons, dont la pyramide eſt compoſée, comme je l'ai fait entendre plus haut ; & les centres des deux cercles colorés s'éloignent de celui du milieu, parce que les pyramides dont ils ſont la baſe deviennent divergentes entr'elles, après s'être croiſées, ce qui eſt très-aiſé à comprendre.

A l'occaſion de cette divergence cauſée par le croiſement des pyramides lumineuſes, il y a une remarque importante à faire ; c'eſt que les rayons qui ſe croiſent ainſi, forment deux angles oppoſés par leurs pointes, & par conſéquent égaux entr'eux : d'où il ſuit que l'écartement réciproque des cercles colorés *d*, *f*, dépend non-ſeulement de la diſtance qui eſt entre la platine percée & le carton, comme je l'ai fait voir ci-devant, mais

mais encore de celle qui ſe trouve entre l'endroit où ſe croiſent les rayons & les points radieux *a*, *b*, d'où procéde la lumiére ; car on conçoit bien que ſi cette derniére diſtance étoit plus petite, par cela ſeul les angles formés par les rayons, tant avant qu'après le point de croiſement, ſeroient plus grands, comme auſſi ces mêmes angles deviendroient plus petits, ſi les points radieux *a*, *b*, s'éloignoient davantage du plan dans lequel ils vont ſe croiſer.

APPLICATIONS.

Tout objet, lorſqu'il devient viſible, étant radieux par tous les points de ſa ſurface, comme je l'ai expliqué page 63, & la prunelle de l'oeil pouvant être conſidérée, ou comme un eſpace circulaire qui reçoit les rayons de la lumiére, ou comme un trou rond qui les laiſſe paſſer ; on peut aiſément appliquer au ſens de la vûe tous les faits qui ſe ſont offerts dans les deux derniéres Expériences, & y rapporter un grand nombre de phénoménes que perſonne n'ignore, mais dont peu de gens ſont en état

XV. LEÇON.
de se rendre raison : arrêtons-nous seulement à ceux qui dépendent immédiatement de la direction des pyramides lumineuses qui procédent des différents points de l'objet & de leur croisement dans la partie antérieure de l'oeil, renvoyant à une autre occasion tout ce qui tient particuliérement à la structure de l'organe, dont je n'ai encore rien dit. Or ces phénoménes concernent la situation, la grandeur, la distance, la figure & la clarté de l'objet apperçu.

L'oeil qui est en fonction ou qui regarde, de même que le petit cercle de carton de la III. Expérience, devient comme la base commune d'une infinité de pyramides de lumiére qui ont leurs sommets aux points radieux du corps visible ; & quoique cet oeil change de place, il apperçoit toujours le même objet devant lequel il est, non par ces rayons dont il étoit frappé d'abord, mais par d'autres tout-à-fait semblables ; puisque chaque point de la surface qu'il contemple anime un hémisphére entier de ces rayons divergents dont chaque pyramide lumineuse n'est qu'une très-petite portion.

Mais pourquoi l'objet diversement coloré, moitié rouge, par exemple, & moitié bleu, ne se voit-il pas sous une couleur mixte ; puisque nous avons vu le petit cercle de carton se teindre en pourpre par le mélange des rayons qu'il recevoit en même temps du point *a* & du point *b*, dans la III. Expérience ?

C'est que la prunelle n'est point le dernier terme des rayons qui s'y rassemblent : cette partie de l'oeil n'est qu'une simple ouverture, bien moins semblable au petit cercle de carton qui arrête les pyramides lumineuses de la III. Expérience, qu'au trou de la IV. qui les laisse passer outre. On doit donc concevoir que toutes ces pyramides de lumiére qui vont aboutir à l'oeil passent sans confusion par la prunelle, en s'y croisant, comme on l'a vu faire aux deux rayons rouge & bleu : après quoi elles continuent leurs routes jusqu'au fond de l'oeil, où chacune d'elles fait son impression séparément de l'autre.

Or ce sont toutes ces impressions qui dessinent l'image de l'objet ; comme je l'expliquerai plus particuliére-

XV. LEÇON.

ment en parlant de la viſion diſtincte : ainſi puiſqu'on a vu par la IV. Expérience, *Fig.* 9. le rayon rouge partir de la droite & aboutir à la gauche du rayon *c*, *e*, après avoir paſſé par le trou de la platine, & le rayon bleu paſſer de la gauche à la droite ; on doit penſer que tous les faiſceaux de lumiére qui ſe rendent des différents points de l'objet à l'œil, ſe croiſent pareillement dans la prunelle, & que l'image qui en réſulte au fond de cet organe prend une ſituation renverſée. C'eſt ainſi, & par les mêmes raiſons, qu'étant dans une chambre bien fermée où la lumiére n'entre que par un trou pratiqué au volet de la fenêtre, ou à la porte, on apperçoit au plafond & ſur la muraille la figure & les mouvements des objets extérieurs, mais dans un ordre renverſé.

Oui : c'eſt une vérité conſtante ; que tout objet éclairé & placé devant l'œil, ſe peint au fond de cet organe, de maniere que ſon image y prend une ſituation oppoſée à celle qu'il a. Un homme qui ſe tient debout y eſt repréſenté la tête en bas, & ſa main

droite devient la gauche, on peut s'en convaincre par une Expérience assez curieuse, mais qui demande un peu d'adresse pour être exécutée avec succès. Il faut fermer la porte & les fenêtres d'une chambre pour la rendre bien obscure, pratiquer à un des volets un trou rond de 5 à 6 lignes de diamétre, & y appliquer par sa partie antérieure un œil de veau, ou de mouton, bien frais, dont on ait enlevé tous les téguments, à la réserve du dernier qui touche immédiatement l'humeur qu'on nomme *vitrée*. Si cette préparation est bien faite, & qu'on prenne soin de ne point changer la forme naturelle de l'œil en le pressant, ceux qui seront dans la chambre verront fort bien sur le fond de cet œil, & dans une situation renversée, les objets extérieurs qui seront bien éclairés, avec tous leurs mouvemens & leurs couleurs naturelles.

Si l'on s'étonne de voir les objets droits, quand on sçait qu'ils se représentent toujours renversés dans nos yeux, c'est que l'on confond mal-à-propos l'impression qui se fait sur l'organe, avec le jugement de l'ame qui

XV. LEÇON.

la suit. *Regarder* & *Voir* sont deux choses différentes ; en distinguant l'une de l'autre, j'ose me flatter que je pourrai rendre raison du phénoméne dont il s'agit, sans me jetter dans ces raisonnemens trop métaphysiques dont quelques auteurs célébres ont fait usage, & sans avoir recours à ces suppositions forcées qu'on est surpris de trouver dans des ouvrages de réputation.

Regarder un objet, c'est se tourner vers lui pour en recevoir l'image au fond de l'œil ; mais quoique cette image s'y trace avec les couleurs les plus vives, nous ne voyons pas cet objet qu'elle représente, & qui est hors de nous, à moins que l'impression faite sur l'organe n'excite ou ne réveille en nous l'idée de sa présence, & ne nous porte à juger de sa grandeur, de sa situation, de sa distance, de sa couleur, de ses mouvemens, &c. Ce qui prouve bien que la vision n'est point accomplie, par cette seule peinture de l'objet, c'est qu'elle se fait également dans les yeux d'un mort, comme on peut s'en assûrer par l'Expérience que j'ai rapportée

ci-dessus ; & d'ailleurs nous n'avons pas un instant les yeux ouverts en plein jour, que la lumiére n'y peigne une infinité d'objets que nous ne voyons cependant point ; parce que l'ame occupé d'autres choses ne fait pas attention à tout ce qui se passe sur l'organe de la vûe : elle en fait de même à l'égard des autres sens.

Voir est donc un acte de l'ame par lequel nous rapportons à une certaine distance de nous la cause des impressions qui se font sentir sur l'organe, ou, si vous voulez, tout ce qui est représenté par l'image qui se trace au fond de l'œil. Or, ce petit tableau est un assemblage de points, dont chacun est imprimé par un pinceau de rayons qui vient en droite ligne de l'objet visible. Réduisons ces pinceaux à des rayons simples, n'en considérons que les axes, & supposons que *A*, *B*, *Fig.* 10. soient les deux extrémités d'une fleche que je regarde, & que *C* en soit le milieu. Nous pouvons appliquer à ces trois points & à leurs images ce que nous avons appris par la IV. Expérience ; les rayons extrêmes allant se croiser en *E* sur celui du mi-

XV. LEÇON.

lieu, doivent aboutir en *a* & en *b*, & se repréſenter par conſéquent ſur la ligne *DD*, dans un ordre tout oppoſé à celui qu'ils avoient avant leur croiſement.

Préſentement, il faut ſe rappeller ce que nous avons dit ailleurs, que nous jugeons naturellement l'objet de la viſion au bout des pyramides ou faiſceaux de lumiére qui nous le font ſentir. Si cela n'eſt pas toujours vrai, quant à l'eſtimation de la diſtance, c'eſt une choſe inconteſtable & infaillible par rapport à la direction; & c'eſt-là le point eſſentiel pour la queſtion que je traite. Il n'eſt donc pas douteux, & perſonne ne trouvera extraordinaire que je rapporte en *C* ce que je ſens ſur la partie *c* de mon œil; & pourquoi ne rapporterois-je pas de même en *A* ce dont l'image eſt imprimée en *a*, & pareillement en *B*, le bout de la fléche qui m'affecte par le rayon *Bb*? ces deux derniers jugemens ſont auſſi légitimes que le premier, & j'en puis dire autant de tous les autres points viſibles de l'objet pris ſéparément.

Mais ſi en rapportant ainſi chaque point de l'objet au bout du rayon qui

m'en trace l'image, je vois le bout de la fléche *A* au-dessus de *C*, & l'autre extrêmité *B* au-dessous de ce même point ; ou ce qui est la même chose, si je vois la fléche droite, quoiqu'elle se représente renversée dans mes yeux, est-ce une nouvelle merveille à expliquer ? n'est-ce pas plutôt une suite nécessaire de ce que j'apperçois cette fléche par des rayons croisés, & de ce que je suis le penchant naturel que j'ai à rapporter chaque point de l'objet à l'extrêmité du rayon qui me le rend visible ?

N'imaginons donc pas, comme on l'a fait, contre toute vraisemblance, que nous voyons naturellement les objets renversés, & que ce n'est que par habitude & à force d'expérience que nous apprenons à bien juger de leurs situations. Les enfans & les animaux nouveaux-nés nous donnent des preuves du contraire dans les premiers mouvements qu'ils font pour exprimer leurs besoins & leurs désirs. Disons plutôt qu'il est impossible que nous voyions jamais les objets autrement que dans leurs situations naturelles, avec des rayons qui se croisent

XV. LEÇON.

toujours en entrant dans l'oeil, à moins que nous ne supposions très-gratuitement que dans la vision nous ne rapportons pas, comme dans l'exercice des autres sens, les objets qui sont hors de nous dans la direction des signes ou des moyens que la nature employe pour nous les rendre sensibles.

Pour signifier qu'un homme a le coup d'œil juste dans l'estimation des grandeurs, ou de la distance d'un corps à un autre, on dit communément dans le discours familier qu'il a *le compas dans l'œil*. Cette expression répond, on ne peut pas mieux, aux angles que forment les rayons, qui partant des extrêmités de l'objet viennent se croiser dans la prunelle, & que nous nommerons dorénavant *angles optiques* ou *angles visuels*. Ces lignes droites en s'entrecoupant ainsi, *Fig*. 10. font l'office d'un compas de réduction, dont les deux branches courtes s'ouvrent sur le fond de l'oeil proportionnellement à la quantité dont les grandes sont ouvertes pour embrasser l'objet entier : tout le monde en ce sens a *le compas dans l'œil* ; mais il y a des gens

qui s'en servent mieux que les autres, c'est-à-dire, qu'ils ont l'avantage particulier de juger ou d'estimer sûrement les grandeurs d'après des impressions qui sont communes à tous ceux qui voyent; & c'est pour eux sans doute que cette façon de parler a été mise en usage.

Nous voyons donc les objets plus grands lorsque les angles visuels qui embrassent leurs dimensions sont plus ouverts; parce qu'alors ces mêmes dimensions, je veux dire, leur hauteur, longueur, largeur, sont rendues au fond de l'oeil sous des angles semblables, & que l'image qui en résulte y occupe un plus grand espace: ainsi vous voyez la Lune plus grande que Mars, Jupiter ou Saturne; parce que les angles visuels qui mesurent les diamétres de son disque apparent, sont beaucoup plus ouverts que ceux sous lesquels vous appercevez les autres planétes.

Mais ces angles deviennent plus aigus à mesure que l'objet s'éloigne de l'oeil, comme on le peut voir par *HEI*, *Fig*. 10; & par cette raison sa grandeur apparente, généralement

XV. LEÇON.

parlant & eu égard à ces seuls effets optiques, diminue comme la distance augmente; c'est-à-dire, que son image dans l'œil est une fois plus petite en tout sens, quand on le regarde d'une fois plus loin.

Lorsque cette image est diminuée au-delà d'un certain point, ou nous perdons de vûe l'objet entiérement, ou nous ne le voyons plus que confusément; parce qu'alors ses différentes parties ne se peignent plus sur des endroits de l'organe assez séparés les uns des autres: on prétend que la vûe humaine cesse d'être distincte, lorsque les angles optiques commencent à avoir moins qu'une minute de dégrés (*a*).

Si cette évaluation est juste, on peut croire que les animaux de différentes espéces qui ont les yeux, ou plus grands, ou plus petits que les nôtres, perdent les objets de vûe, les uns plutôt, les autres plus tard que

(*a*) Selon le Docteur Hook, un objet dans le ciel devient invisible à un observateur, lorsqu'il comprend dans son œil un angle moindre qu'une demi-minute. *Remarques sur la machine céleste d'Hevelius*, *p.* 8. Pour des objets moins lumineux, il faut que l'angle soit plus grand.

nous; car l'amplitude de l'image, qui, considérée dans le même œil, ne dépend que de la grandeur des angles optiques, doit varier du plus petit au plus grand œil, comme la distance qu'il y aura entre l'endroit où se croisent les rayons, & celui où ils aboutissent pour peindre l'objet ; ainsi l'image qui n'auroit que la grandeur qu'il faut pour un œil tel que *D D*, seroit trop petite, quoique sous le même angle, pour un autre œil dont le fond seroit *GG*, & plus que suffisante pour celui dans lequel elle pourroit aller jusqu'en *FF*, à moins que la nature obligée de proportionner les yeux à la petitesse de certains animaux, n'ait suppléé au défaut d'étendue, par la délicatesse des fibres destinés à recevoir les impressions de la lumiére, comme il semble qu'on le doive présumer, quand on considére qu'un perdreau n'échappe point au coup d'œil d'un oiseau de proie qui plane dans l'air, à cent pieds au-dessus de lui.

Puisque l'éloignement seul de l'objet suffit pour nous le faire voir sous des angles plus aigus, il est aisé

XV. LEÇON.

de comprendre pourquoi nous avons égard à la distance, pour juger de sa grandeur. Nous appercevons dans la campagne un animal que nous sommes tentés de prendre pour un mouton, ou pour quelque chose de plus petit encore, à cause du peu de volume que nous trouvons à cet objet; mais parce que nous appercevons en même-tems un quart de lieue de distance entre nous & lui, il nous vient en pensée que ce peut être un cheval ou une vache; & si cette distance nous étoit cachée ou inconnue, les grandeurs apparentes ne suffiroient pas pour nous instruire des grandeurs réelles, sur-tout, s'il s'agissoit d'objets nouveaux, ou que nous n'eussions jamais vus de près: c'est ce qui arrive fréquemment aux personnes qui voyagent par hazard, ou pour la premiere fois, dans les montagnes, & qui portent la vûe de l'une sur l'autre, sans sçavoir, ou sans faire attention qu'elles sont séparées par une large vallée: c'est ce qui induit aussi en erreur ceux qui apperçoivent inopinément quelque objet isolé, il leur faut du tems & des réflexions pour le reconnoître;

cela vient de ce que l'on sçait, au moins implicitement & par habitude, que la grandeur apparente diminue à mesure que l'œil s'éloigne de l'objet, & que par conséquent on ne peut dire combien cet objet est grand en lui-même, à moins qu'on ne sçache à peu près de quelle quantité il est éloigné.

Comme le dégré de distance, quand nous le connoissons, nous aide à bien juger de la grandeur d'un objet que nous ne connoissons pas; réciproquement l'objet connu & familier nous apprend par sa grandeur apparente la distance qui est entre lui & nous; jamais cependant avec précision, mais presque toujours avec un à-peu-près qui suffit. Un homme, un cheval, un arbre, une maison, &c, que j'apperçois sous une grandeur bien au-dessous de celle que je lui connois, me fait juger sans erreur considérable que j'en suis à un certain éloignement. Il n'en est pas de même, si ce que je vois ainsi de loin est d'un volume auquel je ne m'attends pas; si l'on transporte, par exemple, dans les Pyrénées, ou dans les Alpes, un Parisien qui n'ait jamais vu que Mont-

XV. LEÇON.

martre, ou le Mont Valérien, (*a*) il ne manquera pas d'estimer à deux ou trois lieues de lui une montagne qui en sera éloignée de plus de douze, parce que n'ayant aucune idée de ces masses énormes, il ne peut pas sçavoir combien leur grandeur apparente différe de leur grandeur réelle, pour en conclure leur distance. En pareil cas, ce n'est qu'en considérant les objets intermédiaires, & les dégradations de lumiére qui suivent toujours les grands éloignements, qu'on parvient à se persuader de la grande distance.

Lors-même que l'objet éloigné nous est connu, tout ce qui se trouve placé entre lui & nous ne contribue pas peu à nous faire connoître son dégré d'éloignement : l'oeil parcourt tous ces objets intermédiaires, & additionnant, pour ainsi dire, leurs distances respectives, il en fait une somme totale : quand cela ne se peut pas faire, ou que par précipitation cela ne se fait pas, on estime ordinairement la distance au-dessous de ce qu'elle est ; c'est pourquoi les gens qui n'ont

(*a*) Deux petites montagnes des environs de Paris.

point

point contracté l'habitude de voir en mer, croyent appercevoir à deux ou trois lieues d'eux, une isle qui en est à plus de 10; car l'espace qui les sépare de cette isle étant une plage uniforme, l'oeil n'y rencontre rien dont il puisse se servir pour le diviser, il ne peut en distinguer les parties pour les compter. Il en est à peu près de même de ce que l'on voit au bout d'une grande prairie, ou d'une plaine qui n'est interrompue, ni par des arbres, ni par des maisons, ni par aucun autre objet remarquable; & s'il est vrai qu'on frappe moins sûrement qu'ailleurs les oiseaux qu'on tire sur un étang, ce n'est pas, comme on le dit communément, que le plomb y conserve sensiblement moins sa vîtesse qu'en plein champ, (car j'en ai fait l'épreuve exprès;) mais c'est plutôt, parce que n'estimant pas bien la distance, on tire de trop loin sans le sçavoir, & souvent sur des animaux dont la plume & la peau sont plus difficiles à percer que celles d'une perdrix ou d'une caille.

C'est encore par les angles visuels que nous jugeons de l'éloignement

XV. LEÇON.

respectif de deux objets apperçus en même-tems : ils sont à l'égard de l'œil comme les deux points extrêmes d'un seul & même corps, en un mot comme les points radieux *a* & *b* de nos derniéres Expériences, par rapport au trou de la platine.

Voilà donc pourquoi, lorsque nous entrons dans une avenue un peu longue, elle nous semble plus étroite & plus basse à l'autre extrêmité, quoique les arbres dont elle est formée, soient par-tout également hauts, & que les rangs soient bien paralleles entr'eux ; car on peut voir par la *Fig.* 11. que les rayons qui viennent à l'œil des arbres les plus éloignés pris deux à deux, forment des angles plus aigus que ceux qui arrivent de plus près : & il en est de même de ceux qui viennent du pied de chacun de ces arbres & du sommet.

On peut dire la même chose en général de tous les objets qui sont fort longs & terminés par des lignes, ou par des plans paralleles : une grande prairie renfermée entre deux canaux, une piéce d'eau fort étendue, nous paroîtront toujours plus étroites à

l'endroit le plus éloigné de nos yeux, quoique l'une & l'autre soient exactement formées en quarrés longs. Quand nous entrons dans une galerie, elle nous semble plus basse à l'autre bout, parce que l'angle visuel qui embrasse la distance du plancher au plafond devient nécessairement plus petit, quand cette dimension, ou cet intervalle est pris dans un endroit plus éloigné de l'oeil.

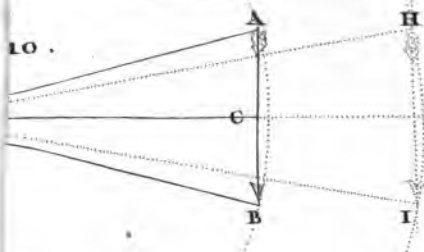
Lorsque ces sortes d'objets ne présentent au spectateur qu'un plan ou une ligne, telle que seroit une muraille, ou une file de soldats, l'oeil qui se place à un bout, & un peu de côté, de maniére à tout découvrir, comme dans la *Fig.* 12. supplée au rang ou au côté parallele qui manque, par la direction de son regard, il rapporte à la ligne *P Q*, qui est comme l'axe prolongé du globe de l'oeil, les différents points de l'objet 1, 2, 3, 4, &c. & ces points paroissent se rapprocher de cette ligne, suivant la diminution de l'angle que fait avec elle le rayon qui vient de chacun de ces points visibles : de-là il arrive qu'ils semblent former par leur suite, une ligne incli-

XV. LEÇON.

née à *P Q*, selon l'ordre des chiffres 1, 2, 3, 4, &c.

C'est par cette raison, qu'étant placé à la tête d'un canal ou d'un étang, au lieu de voir la surface de l'eau horisontale, comme elle l'est en effet, on s'imagine toujours qu'elle s'éleve à mesure qu'elle s'éloigne davantage. C'est encore pour cela, que quand nous côtoyons un mur en marchant, quelque droit & parallele qu'il soit à notre route, nous le voyons toujours comme incliné vers elle : & si couchés sur le dos à quelques pieds de distance d'une tour ou d'une muraille un peu élevée, nous la considérons de bas en haut, elle nous paroît penchée du côté où nous sommes d'une maniére à effrayer quiconque ignoreroit qu'elle est véritablement d'aplomb.

Un objet qu'on regarde de loin s'apperçoit rarement sous sa vraie figure; car la figure d'un corps, c'est l'ordre que ses parties gardent entre elles, & cet arrangement, cette position respective des points visibles change dans la représentation ou apparence de l'objet, suivant la maniére



10 .



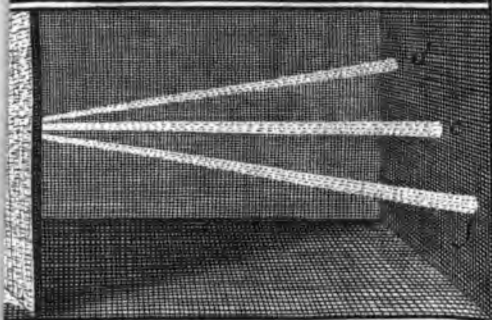
Fig . 11 .



Fig . 12 .



Fig . 9 .



dont ses dimensions se présentent à l'angle visuel. Si l'on apperçoit à une lieue de distance, par exemple, & de quelque endroit un peu élevé, un rang d'arbres plantés, comme *R R*, *Fig*. 13. on les voit tous alignés dans la même direction, & à peu-près également espacés entr'eux, comme ils le sont en effet ; parce que tous les angles visuels qui les comprennent deux à deux différent peu les uns des autres : ce qui fait que l'image de ce rang d'arbres tracée au fond de l'oeil est assez conforme à son objet.

Mais si ces mêmes arbres bordoient une demi-lune, comme *S T V*, *Fig.* 14, on les verroit toujours rangés dans la ligne droite *S V*, plus serrés seulement aux extrémités que vers le milieu ; car à un tel dégré d'éloignement les pyramides de lumiére qui nous viennent des différents points de l'objet ne différent point assez par la divergence de leurs rayons, pour nous faire sentir que les arbres du milieu sont plus près de nous que ceux des extrêmités, & les angles visuels qui nous rapportent ce qui est vers *S* & vers *V*, étant plus petits que les au-

XV. LEÇON.

tres, il ſuit, que deux de ces arbres pris aux extrêmités nous doivent paroître plus près l'un de l'autre, que deux de ces mêmes arbres qui ſeroient pris vers *T*. Le Soleil & la Lune qui ſont de vrais globes, n'offrent à nos yeux que des plans circulaires & lumineux, comme s'ils étoient de ſimples disques; parce que toutes les lignes qui forment leurs ſurfaces convexes ſe préſentent à nous comme le rang d'arbres *STV*, dont je viens de parler, c'eſt-à-dire, comme des lignes droites.

Quant aux objets qui ſont composés de lignes droites, ou de ſurfaces planes, s'ils ſont fort grands, leur figure apparente nous trompe, par cela ſeul que leurs différentes parties ſe voyent à des diſtances plus grandes les unes que les autres : ce qui ne manque pas de nous repréſenter leurs dimenſions ſous des rapports différents de ceux qu'elles ont réellement : ainſi une piéce d'eau bien quarrée ne ſe voit pas ſous cette forme, elle paroît plus étroite à ſon extrêmité la plus éloignée de l'œil : mais indépendamment de cette cauſe, il arrive ſouvent, &

presque toujours, que certaines dimensions de l'objet se représentent obliquement aux angles visuels, tandis que d'autres reçoivent plus directement nos regards, & cela occasionne encore des apparences qui s'écartent de la réalité. Si, par exemple, de la terrasse d'un jardin je regarde dans la campagne une piéce de bled verd, dont la largeur s'offre à mes yeux comme *A B*, *Fig.* 15, & la longueur, comme la ligne *A G* : je la verrai sous une figure plus courte que celle qu'elle a réellement ; parce que dans l'image optique de cet objet la longueur, au lieu de rester égale à la largeur, est comprise sous un angle plus petit, & se réduit comme *A a*.

Il est aisé de comprendre maintenant que les différents aspects peuvent non-seulement changer en apparence les grandeurs de certains côtés, en laissant subsister les autres à cela près des changemens causés par les distances, mais même les effacer entiérement ; de maniére qu'un solide se voye comme un plan, un plan comme une ligne, une ligne comme un point. Ainsi l'on peut prendre de loin un bloc

XV. LEÇON.

de marbre blanc, pour une serviette étendue, s'il est placé devant l'oeil, de maniére à ne lui laisser voir qu'une de ses faces : on ne voit plus la girouette, mais seulement sa tige, lorsqu'elle se trouve précisément dans le plan de l'angle visuel qui mesure sa hauteur; enfin nous ne voyons qu'une tache noire terminée par un cercle de bronze, quand nous regardons directement l'embouchure d'un canon.

Ceux qui s'appliquent à dessiner la perspective, ne sçauroient trop méditer sur la variation des angles optiques causée, ou par la distance des objets, ou par les différents aspects sous lesquels ils se présentent à l'oeil; car comme tout leur art consiste à bien représenter les effets de la vision, qui dépendent principalement des angles dont il s'agit, ils ne peuvent travailler avec succès, s'il ne sçavent ou par principes, ou au moins par routine, ce que je viens d'enseigner à ce sujet; & ce n'est point encore assez pour eux, le tableau qui porte les images ayant pour l'ordinaire une situation tout-à-fait différente du plan horisontal, dans lequel la plûpart

part des objets sont vûs, lorsqu'on les dessine, il faut non-seulement que le peintre ou le dessinateur ait égard à la valeur des angles relative au point de vûe, pour sçavoir à quoi se réduisent telles ou telles dimensions, telles ou telles distances, mais qu'il considére encore la coupe de ces mêmes angles par un plan qui prendroit la place & la situation que doit avoir le tableau, pour connoître au juste les espaces dans lesquels il doit renfermer les différentes parties de l'objet ou du terrein qu'il veut représenter. Si, par exemple, il s'agit d'un rang d'arbres apperçus dans la ligne *E F*, *Fig.* 16. il ne suffit pas de sçavoir que cette ligne est comprise sous l'angle *E G F*; l'artiste doit faire attention, que vûe sous le même angle dans un plan vertical, tel que sera son dessein ou son tableau, elle sera réduite dans l'espace *ef*, & que ses parties les plus éloignées de l'œil décroîtront dans la même proportion, ce qui exige que le premier arbre soit dessiné plus grand que le second, & le troisiéme plus petit encore que celui-ci.

XV. LEÇON.

On voit par-là, que les objets fort écartés l'un de l'autre sur un plan horisontal se rapprochent beaucoup, lorsqu'on les dessine en perspective sur un plan vertical. Réciproquement, si l'œil ne changeoit pas de place, & que le tableau fût couché dans une situation horisontale, comme *E F*, l'objet peint au naturel dans l'espace *e f*, ne pourroit plus se distinguer, à moins que le peintre, en recommençant le dessein, n'en étendît les parties dans la même proportion que le font celles de la ligne *E F*; alors l'œil placé en G verroit distinctement l'objet & dans ses justes proportions; mais de par-tout ailleurs, on ne le verroit que confusément & défiguré: on voit tous les jours de ces illusions d'optique préparées à dessein dans les cabinets des curieux.

Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent de la situation, de la grandeur & de la figure apparente des objets, doit s'entendre aussi de leurs mouvemens visibles. Un corps que nous voyons se mouvoir, c'est un objet dont l'image change de place dans l'œil, à mesure qu'il passe lui-même d'un lieu

dans un autre : on doit concevoir que tous les rayons qui tracent cette image mobile, sont autant de lignes droites qui se croisent dans la partie antérieure de l'oeil, comme je l'ai expliqué plus haut, & qui de plus tournent d'un mouvement commun autour du point même de leur croisement ; de sorte qu'en s'avançant vers le fond de l'oeil, elles portent leurs impressions de gauche à droite, quand l'objet extérieur qu'elles représentent passe de droite à gauche. XV. LEÇON.

Les mouvemens, ainsi que les parties de l'objet visible, se peignent donc au fond de l'organe dans un ordre renversé. L'expérience de l'oeil de veau dont j'ai fait mention ci-dessus prouve également l'un & l'autre. Si l'on a bien conçu comment des rayons qui se croisent avant de toucher le fond de l'oeil, nous font voir l'objet dans sa situation naturelle, on n'aura pas de peine à comprendre pourquoi nous voyons aller de droite à gauche un corps dont le mouvement progressif se trace de gauche à droite sur l'organe ; car en rapportant toujours chaque point de l'objet apperçu au bout

XV. LEÇON.

du rayon qui nous le fait sentir, tandis que ce rayon tourne comme l'aiguille d'une pendule sur un des points de sa longueur, pour suivre l'objet dans toutes ses apparitions successives, c'est une nécessité que le bout qui touche le fond de l'œil aille en sens contraire de l'autre, & que nous jugions le mouvement qui s'exécute au-dehors dans une direction toute opposée à celle qui suit sa représentation.

Quant à la vîtesse du mouvement, nous la mesurons par le tems qui s'écoule, & par l'espace que nous voyons parcourir à l'objet ; mais cet espace ne paroît pas toujours tel qu'il est. Nous en jugeons naturellement comme de la grandeur, par l'ouverture des angles visuels qui le comprennent en totalité, ou par parties ; & cette évaluation, pour être juste, dépend principalement de deux conditions : la premiére, que nous connoissions la distance qu'il y a entre nous & le corps dont notre œil suit le mouvement ; car en regardant un homme qui marche dans la campagne, si nous le voyons dans la ligne *IK*, *Fig.* 17, lorsqu'il est plus loin dans la route *LM*,

par exemple, nous trouverons sa marche plus lente qu'elle n'est en effet; puisque dans un tems donné il nous paroîtra parcourir l'espace *IK*, plus petit que *LM* qu'il parcourt réellement.

La seconde condition est, que l'espace parcouru par l'objet ne se présente point obliquement à nos regards, comme *IM*; car en pareil cas, nous estimerions encore cet espace au-dessous de sa juste valeur : nous serions fortement tentés de croire, qu'un homme qui seroit allé par la route *IM*, n'auroit fait que le chemin *IK* qui est bien plus court; & nous ne pourrions éviter cette erreur, qu'en ayant égard à certaines circonstances qui ne se rencontrent pas toujours, ou qui ne sont point assez remarquables, quand les mouvemens qu'on examine se passent au loin.

Par la même raison, deux hommes qui marchent à pas égaux, l'un par la route *LCM*, l'autre par *IHK*, paroîtront aller avec des vîtesses inégales; le dernier aura l'air de précipiter sa marche davantage, ou d'allonger le pas plus que le premier : il pourroit

XV. LEÇON.

même arriver ; & cela se conçoit aisément, que celui qui paroîtroit faire le plus de diligence, allât réellement avec moins de vîtesse que l'autre.

Le mouvement devient insensible à la vûe, lorsque les espaces parcourus dans chaque seconde de tems répondent à des angles visuels, qui n'excédent pas 20 secondes de dégré ; l'oeil le plus fin & le plus attentif ne voit pas même se mouvoir l'aiguille qui marque les heures au cadran d'une pendule, quoiqu'elle chemine plus vîte que dans cette proportion : sur quoi il est bon de remarquer que la plus grande vîtesse peut devenir insensible par la distance excessive qui se trouveroit entre le mobile & l'oeil ; car, par exemple, si les rayons *PL*, *PN*, étoient tellement longs, qu'un espace de 100 toises pris sur la ligne *LM*, ne répondît qu'à un angle de 18 ou 20 secondes de dégrés, un corps qui seroit dans cet éloignement par rapport à l'oeil, & qui auroit toute la vîtesse d'un boulet de canon, y paroîtroit comme immobile ; & voilà pourquoi nous n'appercevons pas d'une seconde à l'autre le mouvement

du soleil, ni même celui de la Lune, quoiqu'ils soient tous deux beaucoup plus rapides que celui d'un boulet chassé par l'effort de la poudre.

XV. LEÇON.

Quand je cite la révolution diurne du Soleil, ou celle de la Lune, je n'entends parler que des traces qui pourroient s'en former dans l'œil du spectateur; elles seroient les mêmes, soit que l'astre se mût en effet, ou seulement en apparence; car, en général, que l'œil tourne devant l'objet fixe, ou que l'objet mobile lui-même passe d'un côté à l'autre devant l'œil, l'image change également de place au fond de cet organe, & ses mouvemens reçoivent les mêmes modifications: c'est pour cela qu'étant sur l'eau, si l'on ne fait point attention au déplacement continuel du bateau dans lequel on est, on attribue au rivage & aux objets les plus fixes tous les mouvemens apparens qui résultent des différentes positions par lesquelles les yeux passent.

Si le mobile suit toujours la même direction, il décrit une ligne droite, & nous l'y pouvons suivre de la vûe,

XV. LEÇON.

pourvû que les points de cette ligne, sur lesquels se font les apparitions successives puissent être rapportés distinctement par les angles optiques, ou ce qui est la même chose, pourvû que des différens points pris sur cette ligne, il puisse venir à l'œil du spectateur, des rayons qui forment des angles suffisamment ouverts ; car si ces angles sont nuls, ou par trop aigus, comme il arrive quand l'objet vient droit à nous, ou s'en éloigne de même dans le lointain, alors le mouvement est insensible ; ce que nous voyons ainsi nous semble rester en place, & ce n'est qu'après un certain tems qu'il nous paroît s'être approché, parce que nous le voyons plus grand, plus éclairé, plus distinct qu'auparavant.

Le corps qui en s'avançant change souvent & insensiblement de direction, décrit une ligne courbe que nous distinguons fort bien, quand nous pouvons voir le plan qu'elle termine ; mais la courbure, soit qu'elle se présente par sa convexité, comme *QRS*, ou par sa concavité, comme *TVX*, *Fig.* 18. ne s'apperçoit

point, si l'axe de la vision *YV* se trouve dans le même plan : ainsi lorsque vous voyez de loin tourner un lustre, auquel on n'a laissé qu'une bougie allumée : vous vous imaginez que cette lumiére (qui décrit pourtant une circonférence de cercle *RTVX*), ne fait que se mouvoir alternativement de droite à gauche, & de gauche à droite dans le diamétre *TX* ; & par la même raison, quand vous regardez de côté un moulin à vent à une certaine distance, vous ne voyez qu'un mouvement de bas en haut, ou de haut en bas, qui ne vous rappelle nullement les révolutions circulaires de ses ailes.

En parlant de la grandeur apparente des objets, j'ai toujours supposé que nous en jugions par les angles visuels, eû égard au dégré d'éloignement, & c'est-là, à mon avis, la premiére intention de la nature ; puisque par le moyen de ces angles, l'image de l'objet, l'impression qu'il fait sur l'organe, se met en proportion de grandeur avec lui, & se modifie selon la distance & selon la maniére dont cet objet se présente : dire comme un au-

XV. LEÇON.

teur célébre de notre tems, *que ces effets sont des circonstances qui accompagnent la vision ; plutôt que des principes qui lui servent de régles*, c'est oublier, ce me semble, une vérité dont tout le monde convient ; sçavoir, que dans l'exercice de tous nos sens, l'amplitude, aussi bien que la force des impressions qui se font sur nos organes, nous guident pour juger de la grandeur & du plus ou moins de proximité des objets qui les font naître. Il est vrai, par rapport à la vûe sur-tout, que nous dérogeons souvent à la loi générale, & que dans bien des cas, ce que nous voyons nous donne l'idée d'une grandeur qui n'est point proportionnée à l'image qui s'en trace au fond de nos yeux ; mais cela vient de quelques causes particuliéres dont il est à propos de dire un mot.

Je regarde un homme qui est à 100 pas de moi : suivant la régle des angles visuels, il devroit me paroître environ une fois plus petit que je ne le verrois à 50 pas ; car son image dans le fond de mon œil diminue dans cette proportion : cependant il me semble dans l'un & dans l'autre cas à peu

près de la même grandeur : c'eſt qu'étant fortement prévenu qu'un homme fait n'a pas communément moins de 5 pieds de haut, & apperçevant dans ſon extérieur tout ce qui donne l'air d'un adulte, je céde ſans y prendre garde à ces connoiſſances intimes & familiéres qui l'emportent ſur les limites de la ſenſation, & maîtriſent mon jugement. Vous regardez de loin un arbre qui eſt auprès d'une maiſon, & vous eſtimez ſa hauteur 25 ou 30 pieds, parce qu'il vous paroît auſſi haut que cette maiſon, & que vous ſçavez d'ailleurs qu'un tel édifice n'eſt guére moins élevé que de 4 à 5 toiſes : ſi l'arbre étoit iſolé en raze campagne, vous le prendriez pour un buiſſon. Une perſonne qui, pour la premiére fois, porte la vûe en pleine mer, prend volontiers pour une barque de pêcheur ce qu'un officier de marine reconnoît d'abord pour être un bâtiment conſidérable ; celui ci en juge, non-ſeulement par la grandeur apparente, mais encore par certaines parties qu'il ſçait diſtinguer mieux qu'un autre, par l'affoibliſſement de la lumiére & des couleurs., ce qui joint à

XV. LEÇON.

l'habitude de voir pareils objets de plus près lui fait sentir avec assez de justesse le dégré d'éloignement de celui-là, & par conséquent la grandeur qu'on doit conclure de l'angle sous lequel on l'apperçoit.

Mais, dira-t-on, si la vision nécessaire, celle qui nous conduit à connoître les objets pour ce qu'ils sont, dépend de ces comparaisons raisonnées & de ces connoissances réfléchies, comment se fait-il qu'un paysan voye comme un homme bien instruit ? & pourquoi les animaux de toute autre espéce que la nôtre, sans réfléchir & sans raisonner, distinguent-ils comme nous ce qu'il leur importe de bien voir ? car il faut bien que cela soit; autrement, est-il vraisemblable qu'un liévre prît la fuite avec tant de frayeur & de précipitation devant le chasseur qu'il apperçoit à cent pas de lui, si celui-ci, selon les rapports des angles optiques, lui paroissoit comme un pigmée de quelques pouces de hauteur.

Pour répondre à ces objections, il faudroit pouvoir faire sentir à quiconque l'ignore, quelle est la force de

l'habitude : quoique dans la vision des objets, les impressions qui se font sur l'organe soient réellement suivies des pensées, des jugemens, des raisonnemens de l'ame, accoutumés dès notre plus tendre enfance, & continuellement exercés à juger sur de pareils rapports, nous parvenons de bonne heure à le faire avec une si grande facilité, que l'instant de la délibération devenu insensible dans les cas ordinaires, n'existe plus, pour ainsi dire, que virtuellement : mais il n'en a pas toujours été de même ; c'est l'habitude de voir insensiblement acquise qui nous a conduits à voir si promptement ; & cette habitude vient à l'homme le plus stupide, au moins sur un certain nombre d'objets.

Si l'on veut se convaincre de cette vérité, il n'y a qu'à réfléchir un peu sur ce qui se passe, lorsqu'on apprend à voir quelqu'objet particulier : en considérant, par exemple, avec quelle aisance un musicien chante à livre ouvert ce qu'il n'a jamais ni vû, ni entendu, ne croiroit-on pas qu'il ne délibére aucunement sur la valeur des notes, & qu'il ne se passe absolument

XV. LEÇON.

rien entre le coup d'œil & la prononciation ? il y a pourtant entre l'un & l'autre une action de l'ame, un jugement fondé sur la figure & la position bien distinguée de chaque signe; délibération, à la vérité, si prompte, qu'elle ne se laisse pas appercevoir à la personne même qui délibére, mais qui n'est devenue telle, qu'après avoir été long-tems lente & fastidieusement sensible.

Ce que je dis d'un livre de musique, on peut l'appliquer à tout autre objet. L'Officier de marine qui juge dans l'instant & assez bien de la grandeur d'un bâtiment qui est à cinq ou six lieues en mer, n'a pas toujours eu le coup d'œil, ni aussi prompt, ni aussi sûr; & celui qui s'y trompe aujourd'hui, après avoir long-tems mal vû, ne s'en rapportant qu'aux angles visuels, ou s'y fiant trop, deviendra plus habile à force de réflexions, & en acquérant des connoissances qui influeront, sans qu'il y pense, dans l'estimation qu'il fera de pareils objets.

Quant à l'autre difficulté, je conviens qu'à juger des animaux par ce que nous leur voyons faire, on diroit

qu'ils voyent à notre maniére, qu'ils sçavent quelquefois embrasser un parti différent de celui qu'ils devroient prendre, en conséquence de la grandeur, de la figure ou de la situation dont les objets se peignent dans leurs yeux; mais j'ignore s'il n'y a pas en eux quelqu'intelligence ou faculté mémorative capable d'ajouter ou de retrancher à ces impressions, pour accommoder à certaines fins les actions qui en doivent résulter : c'est une grande question dans laquelle je ne veux pas entrer, comme je l'ai déja déclaré en parlant des sens en général.

Un jeune Anglois de 13 ans vit clair pour la premiére fois de sa vie, par le secours & par les soins de M. Cheselden, habile Chirurgien de Londres, qui lui abattit des cataractes, & M. Smith, dans son Traité d'Optique, raconte que ce nouveau clairvoyant ne pouvoit juger d'abord, ni de la grandeur, ni de la figure des objets, & qu'il n'y parvint qu'au bout d'un certain tems : cela prouve-t-il, comme on l'a prétendu, que les angles optiques ne servent à rien dans la

XV. LEÇON.

vision ? J'ai peine à le croire : tout ce qu'on en peut inférer, selon moi, c'est que ces angles ne déterminent point la grandeur de l'objet pour quiconque ignore à quelle distance il est de l'œil, comme je l'ai établi ci-dessus. Or cette derniére notion ne nous vient que par expérience & par habitude ; par conséquent il faut du tems pour l'acquérir ; le jeune homme qu'on nous cite auroit peut-être vû comme un autre dès le premier moment, il auroit sçu comparer plusieurs grandeurs entr'elles, s'il avoit eu l'idée des distances & de leurs différences.

Si les angles optiques ne font rien à la vision, s'ils n'en sont que les circonstances très-indifférentes, comme on l'a voulu établir, qu'on m'apprenne donc pourquoi, lorsqu'ils sont aggrandis artificiellement par le moyen de quelque verre, ou autrement, je ne manque point de voir l'objet plus grand ? Quand je montre pour la premiére fois à un enfant une puce au microscope, & qu'il la trouve aussi grosse qu'un hanneton, peut-on dire que cette idée lui vienne du préjugé de l'habitude, du dégré de clarté, de

la

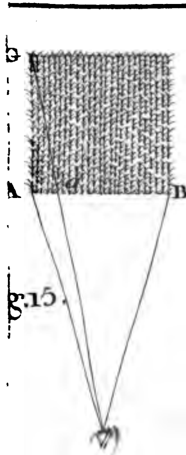
la comparaison qu'il en fait avec les objets circonvoisins, &c? N'est-il pas incontestable que cet enfant voit ainsi, parce que l'image de l'objet est amplifiée au fond de l'oeil, ou, ce qui est la même chose, parce qu'il apperçoit cet objet sous un plus grand angle? Tenons-nous-en donc à ce qu'on a toujours dit, que les idées de grandeur, de situation, de figure excitées en nous par l'image des objets, tiennent, avant toutes choses, aux angles visuels, & à la position respective des rayons qui les forment; & que s'il est des occasions, où le préjugé, les connoissances précédemment acquises, le dégré de clarté, &c. entrent en considération, modifient ces idées, & nous empêchent de voir les objets, tels qu'ils nous sont représentés par ces angles, ce sont autant d'exceptions qu'on ne doit pas mettre à la place de la régle générale.

Comme les objets se présentent ordinairement à nos yeux avec d'autant plus de clarté, qu'ils sont plus près de nous, l'habitude de les voir ainsi nous porte à croire que ces mêmes objets sont fort éloignés, quand ils

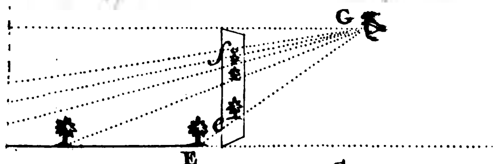
XV. LEÇON.

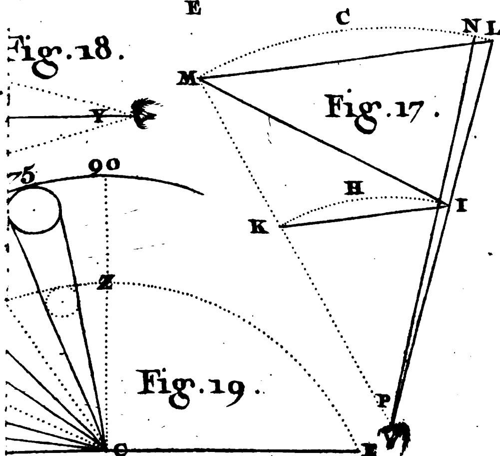
* M. Smith.

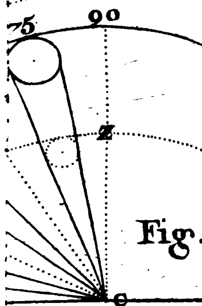
sont plus sombres, moins lumineux que de coutume. Un auteur Anglois * qui a très-bien écrit sur l'Optique, prétend, avec beaucoup de vrai-semblance, que c'est par cette raison que nous voyons le Soleil & la pleine Lune plus grands à l'horison qu'en tout autre endroit du ciel, quoiqu'on sçache bien que ces astres sont alors plus éloignés de nous qu'ils ne le sont au Zénith : car, dit-il, comme leur lumiére est alors beaucoup affoiblie, nous imaginons par habitude que cela vient d'un plus grand éloignement, & nous jugeons de même qu'ils sont rapprochés, lorsqu'en s'élevant davantage au-dessus de l'horison, ils deviennent plus brillants. Or, quoique l'angle visuel *a C b*, *Fig.* 19, soit toujours le même, l'objet qu'il embrasse, doit paroître plus grand si nous le croyons plus loin : j'estime donc par cette raison le diamétre de la Lune plus grand lorsqu'elle est en *A*, que quand elle est élevée en *B*; parce que dans ce dernier cas je la crois plus près de moi : & si je veux suivre l'astre dans sa demie-révolution, il ne me paroîtra pas avoir décrit un demi-


A
B
d
g.15.


1 2 3 4 5 6 7 8 9
R
R
Fig.13.


G
f
e
E


C
N L
M
Fig.17.
H
I
K
P
V
Fig.18.
Y
75
90
Z
Fig.19.
C
E



cercle dont j'occupe le centre, mais un arc semblable à *DZE*, à cause de ses décroissemens apparens. XV. LEÇON.

La même explication nous fait comprendre pourquoi le ciel a la figure d'une voûte surbaissée. Parce qu'il est beaucoup plus éclairé vers le Zénith que vers l'horison, ses parties les plus sombres nous semblent plus éloignées par proportion; & de-là il doit arriver que la courbure hémisphérique se change en une autre courbe apparente *DZE*, qui est de beaucoup surbaissée.

Quoique j'adopte très-volontiers ces raisons, parce qu'elles me paroissent naturelles & propres à résoudre ces questions sur lesquelles les Physiciens ont tant disputé, cependant je ne crois pas qu'on doive pour cela rejetter celle du P. Malebranche qui attribue la grandeur apparente de la Lune horisontale à l'interposition des objets terrestres: en effet, la distance des objets nous paroît toujours plus grande, quand il y en a beaucoup d'autres entr'eux & nous, quand ils sont les derniers de tous ceux que nous pouvons appercevoir; & ce qui

XV. LEÇON.

prouve que cela doit entrer en considération, c'est que la pleine Lune, ou le Soleil levant étant vû par un tube, & par conséquent comme un corps isolé, perd beaucoup de cette grandeur apparente, sur-tout quand on en fait l'épreuve avant que d'avoir apperçû l'astre à la vûe simple : car sans cela le préjugé peut entretenir l'illusion.

Il faut pourtant convenir que la pleine Lune paroît quelquefois très-grande à son lever, quoique l'horison soit très-borné, comme lorsqu'on l'apperçoit à travers les branches d'un gros arbre, immédiatement au-dessus de quelque édifice, derriére une montagne voisine, &c. il est encore vrai, que quand on l'apperçoit ainsi inopinément, on est souvent frappé de sa grandeur, avant que de penser que ce peut être un astre ; enfin, il y a des tems, où, sans changer d'horison, ce phénoméne nous paroît plus remarquable. L'explication de M. Smith, jointe à celle du P. Malebranche, ne me paroissent pas satisfaire à ces observations ; d'où je conclus que l'effet dont il s'agit dépend, non pas d'une

seule cause, mais de plusieurs ensemble, qu'il faut tâcher de réunir pour parvenir à une explication complette : pourquoi ne diroit-on pas avec Regis qu'une partie de ces effets vient des réfractions de la lumiére augmentées par les vapeurs qui régnent en plus grande abondance dans la partie de l'atmosphére à travers laquelle nous appercevons l'astre, au tems de son lever ? & ne pouvons-nous pas penser aussi, comme le P. Gouye, que l'aspect des autres corps accompagnant celui de la Lune, nous la fait paroître plus grande, que quand elle est isolée ? C'est un effet que nous remarquons à l'égard des autres objets, sur-tout, quand ils sont, ou lumineux, ou fort éclairés dans des lieux sombres.





XVI. LEÇON.

Sur la Lumiere.

SUITE DE LA II. SECTION.

ARTICLE SECOND.

De la lumiére réfléchie, ou des principes de la Catoptrique.

XVI. LEÇON.

J'AI déja dit au commencement de cette Section, que les rayons de la lumiére s'étendent en ligne droite tant qu'ils sont dans un milieu d'une densité uniforme ; & c'est la loi commune de tous les mouvemens simples qui sont censés n'avoir qu'une seule détermination. Ces mêmes rayons toujours soumis aux régles générales de la nature, sont sujets aussi à se détourner de leur premiére direction, lorsqu'il se trouve sur leur route un corps, qui leur refusant le paf-

sage les force à rebrousser chemin, ou une matiére plus ou moins pénétrable pour eux, que celle dans laquelle ils ont commencé à se mouvoir, qui leur donne occasion de s'incliner d'un côté, ou d'un autre : la premiére de ces deux sortes de déviations est ce qu'on appelle *réflection* de la lumiére ; la seconde se nomme *réfraction.*

C'est principalement à la rencontre des corps opaques, que la lumiére se réfléchit : les plus durs, les plus compactes, ceux qui sont susceptibles du poli le plus parfait, & dont la couleur approche le plus du blanc, sont universellement reconnus pour être les plus propres à cet effet : je n'ai rien à dire sur cela que tout le monde ne sçache bien. L'éclat de la neige, le brillant des métaux, sont des preuves aussi communes que palpables de cette vérité. Mais ce qui paroîtra sans doute bien étrange à plusieurs de mes lecteurs, c'est qu'on dispute aujourd'hui très-sérieusement en physique pour sçavoir, si ce sont les parties propres des ces surfaces qui font rejaillir la lumiére. Depuis les recher-

XVI. LEÇON.

ches & les découvertes admirables que Newton a faites sur cette matiére, bien des gens d'après lui soutiennent la négative, & prétendent que les rayons sont renvoyés ou repoussés avant même que de toucher à la surface d'un corps, & cela par un certain *pouvoir* qu'on ne définit point, & qui enduit, pour ainsi dire, les surfaces, en s'ajustant à leurs figures.

L'obscurité de l'expression, & les conséquences singuliéres qui se déduisent de cette nouvelle doctrine, la rendent suspecte aux personnes les plus raisonnables, & qui ont le moins d'envie de rejetter avec partialité ce qui tient à la philosophie Newtonienne. Quoi, dit-on, ce n'est point l'amalgame de mercure & d'étain appliqué derriére la glace de mon miroir qui me fait voir mon image? mais sans cela cependant je ne vois rien: quelle place y a-t-il entre cet enduit métallique & le verre, pour y loger le prétendu *pouvoir réfléchissant*? ou, s'il lui en faut si peu, comment sçait-on qu'il agit à une certaine distance des surfaces? ce n'est donc pas non plus ce métal préparé

préparé avec tant d'art, & poli avec tant de ſoin, qui opére par lui-même le merveilleux effet du téleſcope ? & pourquoi ne fait-il plus rien voir quand il eſt ſeulement terni ? que fait la netteté du métal à cette puiſſance qui ne tient point à lui, puiſqu'elle agit hors de lui ? Enfin, quand je regarde un objet quelconque, ce n'eſt donc pas lui que je vois, mais quelque choſe d'étranger à lui, puiſque les points viſibles d'où procédent les rayons réflêchis ne ſont point ſa propre ſubſtance.

Il faut convenir qu'on peut faire ſur cela bien des queſtions embarraſſantes, & qu'il n'eſt guére poſſible de faire goûter ce pouvoir ſecret auquel on attribue les mouvemens réfléchis de la lumiére, à quiconque ſe ſera fait une loi de n'admettre en Phyſique aucune cauſe abſtraite, & qui ne ſoit intelligiblement méchanique. Mais ſi ce mot obſcur, par lequel on n'a voulu peut-être exprimer qu'un fait, & qui indiſpoſe tant de gens, parce qu'il a l'air d'introduire une qualité occulte; ſi ce mot, dis-je, étoit interprété dans un ſens vraiment

XVI. LEÇON.

physique, ne fût-ce que par une conjecture plausible, il pourroit arriver qu'on revînt de la répugnance qu'il inspire, & qu'on se familiarisât peu-à-peu avec ces paradoxes auxquels il donne lieu, & qui semblent d'abord si ridicules. C'est dans cette vûe que je vais dire ce que je pense avec quelques Physiciens de ces derniers tems, touchant la cause immédiate des réflections de la lumiére. Si je puis me faire entendre, j'ose me flatter que l'on concevra assez nettement comment il est possible que les rayons rejaillisent à la rencontre d'un corps opaque, sans toucher les parties propres de sa surface.

Qu'on se rappelle ici ce que j'ai dit dans la premiére Section * en parlant de la nature de la lumiére, & de sa maniére d'être. J'ai établi par des preuves tirées de l'expérience, que ce fluide qui nous fait voir les objets, est universellement répandu dans l'univers; qu'il existe au-dedans, comme au-dehors des corps; qu'il remplit tous les espaces qui ne sont point occupés par une autre matiére; & qu'il n'y a rien dans la nature qui

* *XV. Leçon, p. 4. & suiv.*

n'en soit intimement pénétré, jusques dans ses moindres molécules, de même; & bien plus encore, que n'est imbibée d'eau une éponge mouillée. Conséquemment à cette premiére idée, nous devons concevoir que la contiguité des parties propres d'un corps quelconque est perpétuellement interrompue par les globules de la lumiére qui remplissent ses pores; & toute surface peut être considérée comme une espéce de tissu dont les mailles sont remplies par ces mêmes globules.

Si l'on fait attention ensuite à la grande porosité des corps, tellement connue & avouée des Physiciéns, que selon la plûpart d'entr'eux, les métaux les plus compacts ont plus de vuide que de plein; si l'on réfléchit sur la prodigieuse divisibilité de leurs parties qui nous laisse à peine la liberté de conjecturer des atômes, & si l'on n'oublie pas que la matiére de la lumiére est un fluide d'une subtilité inexprimable, on concevra sans peine, que les mailles du tissu dont je parle, doivent être bien délicates, & que chacune d'elles contenant les

XVI. LEÇON.

globules de la lumiére comme enchâssés & fixés dans un chaton, toutes ensemble composent une surface, où cette derniére matiére a bien plus de part que celle même des corps, qu'on se propose de voir, & qui lui sert comme de cadre.

C'est donc principalement sur ces globules encadrés que tombent les rayons ; & comme ces filets de lumiére ne sont eux-mêmes que des globules de la même nature alignés dans une même direction, & animés d'un mouvement de vibration, je conçois que les parties sur lesquelles ils agissent, ayant un degré de ressort semblable au leur, les répercutent & les renvoyent mieux que ne pourroit jamais faire la matiére propre de la surface à laquelle elles appartiennent ; car quand on supposeroit que celle-ci fût élastique aussi, est-il vrai-semblable qu'elle le soit au point de s'agiter, de trembler avec la même fréquence, de rendre, en un mot, vibration pour vibration? ce qui paroît être cependant indispensablement nécessaire, pour conserver aux rayons réfléchis le mouvement qu

l'action des rayons incidents, au moins dans le systême de ceux avec qui je pense que la propagation de la lumiére se fait par un mouvement de pression.

XVI. LEÇON.

Une seule surface, ou plutôt une couche infiniment mince, conçue comme je viens de l'exposer, ne seroit pas réfléchissante; parce que les globules de la lumiére, comme des diamants montés à jour, transmettroient toute l'action qu'ils auroient reçue à d'autres suites de globules qui se trouveroient infailliblement derriére, puisque tout espace en est plein : le même effet arriveroit encore, si les rayons tomboient sur un corps composé de couches homogênes qui se répondissent maille pour maille, ou, ce qui est la même chose, dont les pores fussent dirigés en lignes droites : & c'est l'idée qu'il faut se faire des corps diaphanes ou transparens.

La lumiére n'est donc réfléchie, que quand elle tombe sur des globules de son espéce, rangés & arrêtés dans une surface, de maniére que l'action qui leur est communiquée, ne puisse, ni passer plus loin, ni être amortie par

XVI. Leçon.

quelque cause particuliére provenant de la nature ou de l'état actuel du corps qui les contient ; & comme en cela le tout ou rien n'a jamais lieu, on peut dire qu'il n'y a aucune surface qui réfléchisse parfaitement toute la lumiére qu'elle reçoit, comme il n'y en a point non plus d'où il n'en puisse revenir un peu.

Si l'on entend ainsi la cause du mouvement réfléchi de la lumiére, ce pouvoir réflectif qu'on attribue aux surfaces comme un être distingué d'elles-mêmes, cesse d'être un mystere: c'est la lumiére éteinte & fixée à l'embouchure des pores qui s'anime par l'action même des rayons qui la touchent, & dont la réaction se fait remarquer, quand le mouvement qu'elle reçoit ne peut passer plus loin. Cela n'est-il pas plus que probable, quand nous voyons un grand nombre de corps continuer de luire dans l'obscurité, après avoir été exposés au grand jour, comme je l'ai rapporté en parlant des phosphores ? & si l'expérience nous porte à croire, qu'en certains cas la lumiére se réfléchit avant, & sans même que les

ſurfaces des corps en ayent été touchées, ce phénoméne s'expliquera bien encore indépendamment de toute qualité abſtraite. On peut penſer que les globules arrêtés dans la ſurface d'un corps ſervent comme de points d'appui à ceux qui les précédent hors de cette ſurface, & que ceux-ci preſſés par les rayons qui tombent deſſus, réagiſſent ſur eux de maniére, que tous les points de réflection ſe trouvent à une petite diſtance du corps ſur lequel ces rayons ſont dirigés.

J'avoue, qu'en embraſſant cette opinion, on ſe met dans la néceſſité de renoncer aux idées les plus communes, & de ſe roidir contre des préjugés bien accrédités & bien difficiles à vaincre. Se perſuadera-t-on, par exemple, que les corps ne ſoient pas viſibles par eux-mêmes, mais ſeulement par les points de lumiére dont leurs ſurfaces ſont parſemées ? Qu'à proprement parler, nous n'avons jamais rien vû de tout ce que nous avons touché ? Cependant quel moyen de penſer autrement, ſi nous ne pouvons rien voir que ce qui nous renvoye de la lumiére ; & ſi les rayons qui nous

XVI. LEÇON.

tracent les images des objets ne peuvent être renvoyés vers nos yeux que par les globules de cette matiére impalpable, qui se trouve dans la même superficie avec les parties propres des corps ? Aidons-nous de quelques comparaisons, pour adoucir un peu la dureté de ces conséquences, & pour disposer les esprits en leur faveur.

Quand vous jettez la vue sur un morceau de drap teint en écarlate, votre premiére pensée n'est-elle pas que vous voyez un tissu de laine, & ne vous révolteriez-vous pas d'abord contre quiconque vous assûreroit que vous voyez toute autre chose que cela ? Cependant si vous y faites bien attention, & si vous raisonnez avec ordre, vous serez forcé de convenir, que vous n'appercevez qu'un enduit de cochenille adhérent à la matiére propre de l'étoffe, des particules colorantes incrustées dans les pores de la laine ; en un mot, une substance étrangere à l'objet que vous avez en pensée, & qui ne vous laisse voir de lui que sa grandeur, sa situation, sa figure, & nullement sa matiére propre.

Lorsque vous regardez un morceau de papier mouillé, & qu'il vous paroît plus bis qu'il n'a coutume de l'être étant sec, vous n'ignorez pas que la cause de ce changement ne soit l'eau dont il est imbibé ; mais pourriez-vous avec la pointe de l'aiguille la plus fine toucher un endroit de la surface, qui ne participât à cet effet ? Que dis-je ? le meilleur microscope seroit-il capable de vous faire distinguer les endroits où l'eau s'est logée, d'avec les parties solides qui n'ont pu en être pénétrées ?

Voilà donc, comme vous voyez, des cas (& j'en pourrois citer une infinité d'autres) où les corps ne sont pas visibles par leur propre matiére, mais seulement par une substance étrangére qui s'est logée dans leurs pores. Si l'art peut produire ces effets avec des teintures ou des liqueurs, qui n'approchent point à beaucoup près de la subtilité de la lumiére, pourquoi ne penserez-vous pas que tous les corps naturellement imbibés de ce fluide dans lequel ils se sont formés, & où ils sont perpétuellement plongés, n'en eussent tou-

XVI. LEÇON.

jours à leurs ſurfaces une quantité égale à celle de leurs pores, qu'on ſçait être prodigieuſe, & que ce ne ſoit-là, non-ſeulement la principale, mais même la vraie & la ſeule cauſe de leur apparence ou viſibilité ?

Je préviens votre réponſe : C'eſt, me direz-vous, que la lumiére priſe en elle-même n'eſt point un objet, au lieu que les particules colorantes, ou celles d'une liqueur, ſont des petits corps ; & quand ces matiéres étrangéres, ou accidentelles, s'offrent immédiatement à ma vûe, en me cachant ce que je cherche à voir, ou ce que je crois voir, cette eſpèce de maſque au moins eſt un être réel & très-diſtinct de la lumiére qui m'en trace l'image.

Par les exemples que j'ai allégués, je n'ai prétendu faire entendre autre choſe, ſinon que les pores d'une ſurface, toujours beaucoup plus nombreux que ſes parties ſolides, peuvent être remplis d'une ſubſtance étrangére à laquelle on ne devroit faire nulle difficulté d'attribuer la réflection des rayons qui rendroient cette ſurface viſible ; & je crois avoir ſuffiſamment

rempli cette vûe. Quant à la nature de ces particules colorantes, ou par la présence desquelles il arrive des réflections de lumiére différentes de ce qu'elles étoient auparavant, je conviens que ce sont des petits corps, qui ne ressemblent point à ces portioncules de lumiére que nous supposons logées à l'embouchure des pores; mais j'ose avancer, & je le prouverai ailleurs, que la cochenille incrustée dans les pores de la laine, n'est point par elle-même ce qui fait voir le drap rouge; elle n'en est que la cause occasionnelle; & sans une lumiére qui lui est propre, & dont elle est abreuvée comme une éponge, ni elle-même, ni la laine qu'elle couvre, n'auroit cette belle couleur qui éclate à nos yeux. L'eau qui altére la blancheur du papier, en le faisant paroître plus bis, n'est pas non plus la cause immédiate de ce changement: ce n'est point, parce que j'apperçois des parcelles d'eau mêlées avec les parties propres du papier, que je vois celui-ci moins blanc qu'à l'ordinaire; c'est plutôt parce qu'une partie de la lumiére qui tombe sur cette feuille,

XVI. LEÇON.

trouvant les pores remplis d'une matiére transparente, s'absorbe dans son épaisseur, & passe au-delà ; il en revient d'autant moins par réflection : or un corps paroît plus obscur, quand il réfléchit moins de rayons.

Je conviens qu'on auroit peine à concevoir, comment la lumiére peut être elle-même un objet visible, si l'on faisoit abstraction des circonstances. Ces petites portions de lumiére qui brillent à l'embouchure des pores, sont comme autant de miroirs qui nous font voir les surfaces en nous renvoyant le jour qui les éclaire : mais il ne faut point oublier que ces miroirs sont encadrés, pour ainsi dire, & circonscrits suivant la figure, la grandeur & la situation des places qu'ils occupent : ainsi, par cela seul, leurs effets doivent varier comme la porosité des corps, c'est-à-dire, à l'infini. Si vous ajoutez encore les différences qui peuvent venir de l'état actuel des surfaces, plus réguliéres, plus polies les unes que les autres, vous comprendrez aisément pourquoi elles ne brillent pas toutes également, quoique visibles par la même cause.

On pourroit m'objecter encore, que suivant mes principes, les corps les plus poreux devroient éclater en lumiére plus que tous les autres : ce qui est visiblement contraire à l'expérience, puisqu'assez généralement ce sont ceux qui sont les plus sombres.

Mais ce n'est pas seulement parce qu'un corps est poreux qu'il réfléchit de la lumiére, c'est principalement, parce que ses pores sont remplis de portions de lumiére incapables de transmettre dans l'épaisseur du corps, ou au-delà, le mouvement qui leur est imprimé par les rayons incidens. Si ces vuides sont tellement ouverts, qu'ils admettent non-seulement la matiére de la lumiére, mais aussi quelqu'autre fluide, comme l'air de l'atmosphére, s'ils sont alignés de maniére que les globules qui s'y trouvent ayent la liberté de faire passer à d'autres l'action qu'ils ont reçûe, cette plus grande porosité, au lieu d'aider à rendre la surface plus lumineuse, fera un effet tout contraire : cela n'a pas besoin d'une plus grande explication.

Si l'on me demande présentement

XVI. LEÇON. pourquoi la plûpart des surfaces, en réfléchissant la lumiére vers nous, ne font naître dans nos yeux que leur propre image, tandis que d'autres (qu'on nomme pour cela *miroirs*,) y font arriver celle des objets qu'on leur présente sous un certain aspect, je répondrai que les derniéres plus réguliéres, plus polies & plus resplendissantes que les autres, renvoyent un plus grand nombre de rayons, & leur conservent des directions qui ont des rapports mesurés & constans avec les rayons incidens qui leur sont venus de l'objet. Je ne m'arrêterai pas présentement à étendre & éclaircir davantage cette réponse, parce qu'elle est l'objet principal de cet article dans lequel nous avons à traiter des effets de la lumiére réfléchie, en supposant toujours que les surfaces réfléchissantes sont réguliéres, & d'un poli parfait.

Quand la lumiére va frapper un corps opaque, solide ou fluide, on peut dire qu'elle se partage en trois parties, dont une se réfléchit réguliérement, affectant, après qu'elle a touché la surface réfléchissante, une

direction qui a un rapport constant avec celle qu'elle avoit auparavant : une autre partie se réfléchit irréguliérement en s'éparpillant de tous les côtés, à cause des inégalités qui se trouvent indispensablement à la surface qui la renvoye (car il n'y en a aucune qui soit parfaitement polie) ; enfin une troisiéme portion s'éteint dans le contact, soit que les parties propres du corps qu'elle touche ne soient pas capables de lui rendre, ou de lui laisser reprendre la force qu'elle perd en les heurtant, soit que son action pénétre dans les pores, & s'y anéantisse.

Suivant que ces trois parties de lumiére l'emportent l'une sur l'autre par leurs quantités, les surfaces sur lesquelles les rayons tombent, prennent différens noms, & produisent divers effets par rapport à la vision. Nous appellons *sombres* ou *obscures* celles qui absorbent beaucoup de lumiére, & qui en renvoyent peu ; nous nommons *claires*, ou *resplendissantes*, celles qui en réfléchissent de toutes parts, & en grande quantité ; & nous donnons le nom de *miroirs* à celles d'où la plûpart des rayons reviennent avec un

certain ordre. Celles-ci se font à peine appercevoir ; mais elles nous représentent distinctement les objets qui les éclairent : celles de la seconde espéce sont très-visibles, & ne font voir qu'elles-mêmes : les autres ne se font guéres plus voir que les miroirs ; mais elles n'ont pas comme eux la propriété de réprésenter les objets éclairés qu'on leur oppose.

Comme il s'agit ici d'effets constans, on voit bien que c'est à cette portion de lumiére qui se réfléchit réguliérement, que nous devons avoir affaire, celle-là seule étant assujettie à des mouvemens qu'on puisse prévoir, & sur lesquels il soit possible d'établir une théorie. Nous supposons donc que les surfaces réfléchissantes sont des miroirs parfaits ; ou plutôt, nous faisons abstraction de la lumiére dispersée par leurs irrégularités, ou éteinte par quelqu'autre défaut de leur part.

Un rayon de lumiére ne peut tomber sur la surface d'un miroir que de deux façons, ou perpendiculairement, comme *f c* *Fig.* 1. par rapport à la ligne *a b* ; ou bien obliquement, comme

d c,

d e, par exemple. C'est à l'expérience à nous dire ce qui doit arriver dans l'un & dans l'autre cas : nous ne pouvons pas le deviner : parce que ne connoissant point *à priori* le dégré d'élasticité qui appartient, ni au rayon qui choque, ni à la surface qui est choquée, nous ne sçaurions prévoir au juste comment se fera la réflection.

I. EXPERIENCE.

Preparation.

La Figure 2e. représente un cercle de matiére solide qui a 26 pouces de diamétre. Il est élevé verticalement sur un pied qui se hausse & se baisse quand il le faut : il tourne sur son centre, mais de maniére qu'il reste de lui-même dans toutes les situations qu'on lui fait prendre. La circonférence est divisée en 4 quarts, & chaque quart en 90 dégrés à commencer par deux points diamétralement opposés. Cette circonférence graduée est élevée par quatre petits pieds, d'environ trois lignes au-dessus du plan du cercle, & porte deux curseurs, à l'un

XVI. LEÇON.

desquels est attachée une platine de cuivre *A* de 4 pouces en quarré, perpendiculaire au plan du cercle, & percée au milieu d'un trou rond de deux pouces de diamétre, avec un drageoir, pour recevoir, ou des verres de différentes espéces, ou des diaphragmes percés de diverses maniéres; l'autre curseur *B* porte un chassis de trois pouces de large sur 6 de long, garni d'un papier huilé, & courbé suivant la circonférence du grand cercle, aux divisions de laquelle répondent des lignes tracées sur la largeur du papier transparent. *C*, *D*, sont deux petits piliers à coulisses élevés perpendiculairement sur le plan du cercle, pour recevoir successivement trois miroirs de métal de 6 pouces de long sur deux de large, dont un est plan, & les deux autres courbes selon leur longueur, comme pour s'ajuster à la circonférence d'un cercle de deux pieds de diamétre : de ces deux derniers miroirs, l'un est poli par sa surface concave, & l'autre par sa surface convexe; & quand un des trois est en place, la ligne *e f* tracée sur le cercle, tombe perpendi-

culairement au milieu de sa longueur.

Cette machine étant ainsi préparée & garnie du miroir plan, se place dans une chambre fermée de toutes parts, & dans laquelle il n'entre d'autre lumiére qu'un rayon du soleil gros comme le doigt qu'on fait passer à midi, ou dans quelque autre heure, qui n'en soit pas trop éloignée, par un trou pratiqué au volet de la fenêtre : il faut poser le cercle de maniére, que le rayon rasant sa surface tombe obliquement sur le milieu du miroir, & vis-à-vis la ligne *ef*; ensuite on fait glisser le curseur avec la platine *A*, jusqu'à ce que recevant le rayon total elle en transmette une partie par le trou d'un diaphragme de cuivre mince dont elle doit être garnie pour cette Expérience.

Effets.

1°. Le rayon solaire qui passe ainsi jusqu'au miroir rejaillit dans la partie opposée du même plan, & forme sur le chassis transparent une image lumineuse & ronde, comme le trou par lequel il a passé dans la platine *A*; & si l'on observe à quel dégré répond

XVI. LEÇON.

le centre de cette image ſur la circonférence du grand cercle, on trouve qu'il eſt autant éloigné du point *e*, que l'eſt dans la partie oppoſée le centre du trou par lequel il a été reçu.

2°. Si l'on fait tourner le cercle & gliſſer la platine *A*, de maniére que le rayon tombe moins obliquement ſur le miroir, on trouve que l'image formée par le rayon réfléchi ſur le chaſſis tranſparent, s'approche du point *e* dans la même proportion.

3°. Si le cercle eſt tourné de façon que le rayon incident ſuive la ligne *e f*, pour aller au miroir, alors on ne diſtingue plus de rayon réfléchi : il rejaillit de deſſus le miroir, par la même ligne qu'il ſuit en tombant.

On peut embraſſer ces trois réſultats dans cette propoſition générale : *La lumiére, lorſqu'elle eſt réfléchie, fait toujours l'angle de ſa réflection égal à celui de ſon incidence.*

EXPLICATION.

Le mouvement réfléchi, comme nous l'avons vû dans la IV Leçon, vient de ce que les parties du mobile, ou celles de la ſurface ſur laquelle il

tombe, se rétablissent après avoir été comprimées ; car ces parties, comme autant de petits ressorts, en se remettant dans leur premier état, repoussent devant elles le corps qui les avoit pliées : ainsi le mouvement dont un rayon de lumiére est animé revient sur lui-même, quand sa direction est, comme *f c*, *Fig.* 1. perpendiculaire à la surface du miroir.

Dans le cas de l'incidence oblique, on peut considérer la lumiére, ou son action, comme transportée par deux mouvemens, dont l'un la fait descendre de la quantité *d g*, tandis que l'autre la fait avancer à une distance égale à *d P* : la rencontre du miroir ne change rien à ce dernier mouvement, dont la direction est parallele à la surface *a b* : ainsi la lumiére doit continuer de s'avancer de la quantité *c h*, en aussi peu de tems qu'elle en a mis pour parcourir une distance égale à *d P*. Mais l'autre mouvement qui l'a fait descendre de la hauteur *d g*, se détruit totalement par l'obstacle du miroir qui lui est directement opposé, & il en renaît un autre dans une direction contraire,

XVI. LEÇON. par la réaction des parties comprimées : or de ce nouveau mouvement qui tend vers *P*, & de celui qui subsiste avec la direction *c h*, il s'en compose un par lequel le rayon s'incline nécessairement à la partie *a c* du miroir ; & cette inclinaison *c e* doit être égale à *d c*, si par le ressort des parties qui se rétablissent après le choc, le rayon reçoit autant de vîtesse pour remonter, qu'il en avoit pour descendre, lorsqu'il est tombé sur le miroir.

Puisque nous voyons par le fait que l'angle *e c h* est égal à *d c b*, & que cette égalité a lieu dans toutes les incidences possibles, nous devons donc conclure que le ressort des parties qui cause la réflection est parfait, c'est-à-dire, qu'elles se rétablissent complétement, & en aussi peu de tems qu'il en a fallu pour les comprimer ; car sans cela le rayon réfléchi, en s'avançant à la distance *c h*, ne parviendroit jamais aussi haut que le point *e* : ce qui rendroit l'angle de réflection plus petit que celui d'incidence. Par conséquent, l'expérience, en nous montrant cette égalité des angles, nous apprend que les parties

de la lumiére sont d'une élasticité parfaite, ou que s'il y manque quelque chose, on ne s'en apperçoit pas sur des rayons réfléchis d'une assez grande longueur ; car l'expérience, dont il est ici question, se peut faire bien plus en grand, & toujours avec le même succès. Nous ne pouvons pas attribuer ce parfait ressort aux miroirs, puisqu'on en fait avec toutes sortes de matiéres, pour peu qu'elles soient susceptibles de poli ; est-il naturel de penser que tous les corps qui renvoyent la lumiére, soient composés de parties parfaitement élastiques ?

Cette derniére considération est encore d'un assez grand poids, pour nous porter à croire que ce ne sont pas les parties propres des surfaces qui réfléchissent la lumiére ; car si elles ne sont, ni absolument inflexibles, ni parfaitement élastiques, comment n'amortissent-elles pas l'action de la lumiére incidente ? & si cette action s'affoiblit dans le choc, pourquoi retrouve-t-on au rayon réfléchi une vîtesse égale à celle qui a péri contre le miroir ? Il est bien vrai que la lumiére renvoyée par une surface,

quelque polie qu'elle soit, n'est jamais aussi forte que celle qui vient directement du corps lumineux; mais ce déchet ne tient point au mouvement des rayons : il vient de ce que leur nombre est diminué, plusieurs d'entr'eux ayant été, ou absorbés, ou détournés, comme je l'ai fait entendre ci-dessus.

La loi générale que je viens d'établir par l'Expérience précédente, sçavoir : que *la lumière fait toujours son angle de réflection égal à celui de son incidence*, est le fondement de toute la Catoptrique; les autres n'en sont que des applications; & quiconque sçauroit bien manier ce principe (*a*) seroit

(*a*) Un Géometre qui sçait par expérience, 1°. que la lumiére se meut toujours en ligne droite dans un milieu homogéne; 2°. qu'à la rencontre des miroirs elle fait l'angle de sa réflection égal à celui de son incidence, peut se passer des moyens que je vais employer pour expliquer les principaux phénoménes de la Catoptrique : tous les cas que j'ai à parcourir & à examiner, sont autant de problêmes dont la solution sera pour lui plus facile, plus sûre, plus précise & plus étendue que tout ce qu'on peut attendre des Expériences, où l'imperfection & l'embarras des machines se fait toujours sentir. Je n'offre donc cette partie de mon Ouvrage qu'aux lecteurs qui ne peuvent se passer

roît en état de prévoir tous les effets des miroirs, de quelques figures qu'on les supposât, & d'en rendre raison; mais pour faciliter cette étude aux personnes que nous supposons n'être pas suffisamment initiées, je vais exposer les cas les plus généraux, & tâcher de faire entendre comment de cette régle naissent certains faits capitaux, auxquels on peut rapporter tous les phénoménes qui dépendent de la lumiére réfléchie.

Soit que la lumiére réfléchie nous trace l'image d'un objet, soit qu'elle produise de la chaleur, ce n'est jamais par un seul rayon qu'elle opére ces effets; il y en a toujours plusieurs qui agissent ensemble; & comme la réflection de chacun d'eux dépend de son incidence particuliére, il faut premiérement considérer dans quel ordre ces rayons arrivent à la surface réfléchissante : ils peuvent être divergens, paralleles ou convergens, & par cela seul l'incidence peut être plus ou moins oblique pour les uns que pour les autres.

des preuves sensibles, ou qui seront curieux d'apprendre jusqu'à quel point l'Expérience peut servir à confirmer la théorie.

XVI. LEÇON.

En second lieu, on doit avoir égard à la figure du miroir, s'il est plan ou courbe, concave ou convexe; car les rayons tombant sur différens points des surfaces, & ces points étant tantôt dans un seul & même plan, tantôt dans des plans plus ou moins inclinés les uns que les autres aux rayons incidens, il est facile de comprendre que la réflection de ceux-ci doit varier d'autant : ce qui peut apporter beaucoup de changement à leurs positions respectives.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan.

II. EXPERIENCE.

Explication.

L'appareil de cette Expérience est le même que dans la premiére, avec cette seule différence, qu'au lieu d'un rayon solaire, on en fait passer deux par le diaphragme de la platine *A*, lequel pour cet effet est percé de deux trous ronds de 3 lignes de diamétre, dont les centres sont à 10 dégrés de distance l'un de l'autre.

EFFETS.

Avec quelque dégré d'inclinaison que ces deux rayons paralleles soient reçus sur le miroir *CD*, on observe constamment qu'après la réflection, ils demeurent sensiblement paralleles entr'eux ; car les deux cercles lumineux qu'ils impriment sur le papier du chassis *B*, à mesurer la distance des centres, sont autant éloignés l'un de l'autre, que les trous du diaphragme qui est en *A*.

EXPLICATION.

Puisque le miroir est plan, les deux endroits *a*, *b*, *Fig.* 3. qui reçoivent les rayons incidens *a c*, *b d*, sont dans une ligne droite ; quand les rayons sont paralleles entr'eux, les angles *c a e* & *d b f* qu'ils font avec la partie du miroir à laquelle ils sont inclinés, sont égaux ; & puisque la lumiére fait toujours son angle de réflection égal à celui de son incidence, l'autre partie *a* g du miroir étant la continuation de la ligne droite *f a*, les deux angles *ibh*, g *a k*, deviennent encore égaux, & delà suit nécessairement le parallélisme

des deux rayons réfléchis *ak*, *bh*.

XVI. LEÇON.

Les deux rayons solaires que je donne comme paralleles dans cette Expérience, ne le sont pourtant qu'à peu-près, & parce qu'on n'en considére qu'une longueur de deux pieds. A parler exactement, il faut convenir qu'ils sont divergens, & que les deux centres des images lumineuses sur le papier du chassis *B* sont un peu plus distans l'un de l'autre, que ceux des trous du diaphragme en *A*.

Il est nécessaire de bien entendre ceci, & pour cela il faut faire attention, que le faisceau des rayons solaires qui passe par un trou de la fenêtre dans la chambre, ne vient pas d'un seul point radieux, mais de tous les points de la surface de l'astre auxquels ce trou est exposé. Or, nous avons vu dans la Leçon précédente * que les jets de lumiére qui de plusieurs endroits viennent ainsi se rendre au même passage, s'y croisent & forment entr'eux des angles opposés par leurs pointes, & qui sont par conséquent égaux. Le diamétre du soleil soutend un arc de 32 minutes; c'est-à-dire, que si l'on conçoit

* Page 96.

comme un grand cercle la révolution apparente du soleil en 24 heures, le disque de cet astre en couvre par sa largeur un peu plus d'un demi-dégré ; d'où il suit que les rayons qui partent des points diamétralement opposés de ses bords, & qui viennent se croiser dans le trou de la fenêtre, doivent terminer dans la chambre obscure, non pas un cylindre, mais une pyramide lumineuse dont la base occupe 32 minutes d'une circonférence de cercle qui auroit son centre au trou dans lequel se croisent les rayons en entrant.

Quoique les rayons solaires employés dans notre Expérience n'ayent point à la rigueur le parallélisme que nous leur supposons, l'effet que nous voyons nous autorise toujours à croire, que les rayons paralleles dans leur incidence continuent constamment de l'être, quand ils sont réfléchis par un miroir plan, parce que cela tient à l'égalité des angles de réflection & d'incidence qui a été prouvée précédemment, & à la nature du miroir, & non pas à un parallélisme plus ou moins parfait, com-

me on peut voir par l'explication que nous avons donnée du fait.

XVI. LEÇON.

SECOND CAS.

Si des rayons divergens dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On se sert encore ici de la même machine, *Fig.* 2. en ajoutant sur le diaphragme en *A* un verre concave, dont la propriété est de rendre la lumiére divergente, comme nous l'expliquerons ailleurs. On ôte le miroir de sa place, pour voir d'abord sur le chassis transparent qu'on abaisse dans le quart de cercle *E*, de combien les deux rayons sont divergens : après quoi l'on remonte le chassis, & l'on remet le miroir.

EFFETS.

On voit par la distance ou l'écartement des deux images lumineuses sur le chassis *B*, que les rayons réfléchis ont le même dégré de divergence qu'ils avoient avant que de toucher le miroir.

TROISIEME CAS.

Si des rayons convergens dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On procéde de la même maniére que dans l'Expérience précédente ; mais au lieu du verre concave en *A*, on employe un verre convexe qui rassemble les rayons solaires à 24 pouces de distance.

EFFETS.

Quand le miroir est ôté, les deux rayons convergent sur le chassis transparent qu'on a baissé ; & lorsqu'on a remis le miroir en place, & qu'on a fait remonter le chassis, les rayons réfléchis se rassemblent de même, & forment un seul point lumineux comme auparavant : ce qui prouve égalité de convergence, après comme avant la réflection.

EXPLICATION.

Si l'on a bien compris ce qui a été

XVI. LEÇON.

dit pour expliquer les effets de la ſeconde Expérience, on n'aura pas de peine à voir pourquoi la réflection qui ſe fait ſur un miroir plan ne change rien à la divergence, ni à la convergence des rayons incidens ; car puiſqu'en pareil cas les deux angles de réflection toujours égaux à ceux d'incidence, conſervent néceſſairement le parallélisme aux rayons qui tombent ſur le miroir avec des inclinaiſons ſemblables, quand ceux-ci ne ſont point paralleles, c'eſt une néceſſité que leur réflection réglée ſur leur incidence les repréſente avec la divergence ou la convergence que leur donnent ces différens dégrés d'inclinaiſon, avec leſquels ils viennent frapper le miroir. Jettez ſeulement les yeux ſur les Figures 4 & 5, & vous verrez que *i b h*, & *g a k*, étant égaux à *d b f*, & *c a e*, les rayons réfléchis à la diſtance *F*, ſe réuniſſent ou s'écartent de la même quantité que les rayons directs l'euſſent été en *E* ſans l'interpoſition du miroir.

Il faut remarquer, 1°. que dans la III. Expérience, non-ſeulement les cercles lumineux ont paru plus écartés

l'un de l'autre sur le papier du chassis *B*, que ne l'étoient les rayons en sortant des trous du diaphragme *A*; mais encore que chacun d'eux est devenu plus grand que dans la II. Expérience. 2°. Que quand les rayons ont été rendus convergens dans la IV. Expérience, les deux ensemble n'ont plus formé qu'un point lumineux à l'endroit de leur réunion, au lieu d'un cercle de 3 ou 4 lignes de diamétre égal au trou de la platine *A*.

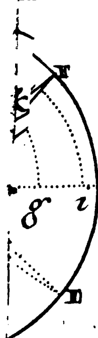
Tout cela vient de ce que les verres concaves & convexes dont on se sert pour faire diverger & converger les deux jets cylindriques, produisent les mêmes effets sur les filets de lumiére dont chacun d'eux est composé. J'aurois donc pu n'employer dans ces Expériences, & dans celles qui vont suivre, qu'un seul jet de lumiére; puisqu'en comparant le cercle lumineux formé par le rayon réfléchi sur le chassis transparent, avec celui qui auroit été produit par le rayon direct, ou avec le trou de la platine en *A*, nous aurions appris de même les effets des miroirs, par rapport à la direction respective des parties de la

XVI. LEÇON.

lumiére ; mais j'ai mieux aimé en employer deux, pour rendre la théorie plus sensible, plus simple & plus aisée à exprimer par des figures. Qu'on se souvienne seulement, que les deux rayons que nous faisons paroître dans nos Expériences en faisant abstraction de leur forme particuliére, peuvent toujours représenter des cylindres, des pyramides ou des cônes de lumiére coupés selon la longueur de leur axe.

APPLICATIONS.

La surface d'une eau claire & tranquille fut sans doute le premier modéle des miroirs ; mais on peut dire que l'art en imitant la nature, l'a de beaucoup surpassée dans cette partie ; car outre que les plaques de métal polies par lesquelles on a commencé, & les glaces étamées qu'on leur a substituées depuis, représentent les objets d'une maniére bien plus vive ; ces merveilleuses inventions ont encore sur ces miroirs fluides l'avantage d'avoir transporté dans nos appartemens, tant pour la décoration, que pour l'utilité, des effets qui eussent été



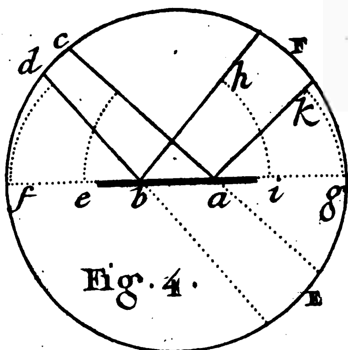
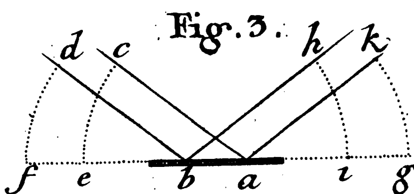


Fig. 4.



Fig. 3.



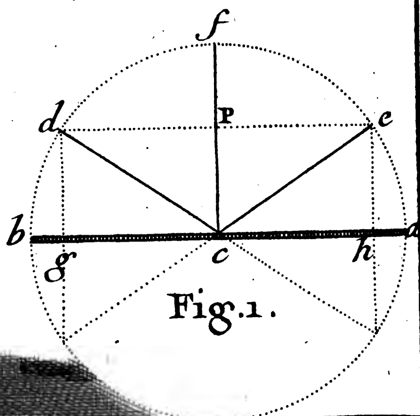


Fig. 1.

...g. 2.

restreints à peu d'usage, & qui se passoient le plus souvent sous des yeux qui n'en sentoient pas toute la beauté. Le philosophe le plus sévere se déride aujourd'hui dans la maison d'un homme opulent, lorsqu'entouré de glaces richement encadrées, & placées avec intelligence, il apperçoit par-tout son portrait & ses mouvemens, du monde, des bâtimens, des jardins immenses au-delà d'un mur, où il sçait qu'il n'y a rien de tout cela; des points de vûe amenés comme malgré eux à des directions plus convenables, & quantité de semblables illusions plus charmantes les unes que les autres: il est entré en maudissant le luxe, il sort en admirant ce que l'on a sçu faire pour le contenter.

Les anciens miroirs étoient faits, non d'acier, comme bien des gens le pensent, mais de cuivre allié d'étain, & d'arsénic ou d'antimoine, pour être de la couleur de l'argent; mais outre que cela devenoit d'un poids incommode, d'un prix assez considérable & difficile à travailler en grand, ce métal composé avoit encore l'in-

XVI. LEÇON.

convénient de se ternir promptement, ce qui le rendoit désagréable à voir, & hors d'état de réfléchir la lumiére assez bien pour représenter les objets. Depuis l'invention des glaces, on ne fait plus de ces miroirs qu'en petit, & dans le cas où l'on auroit trop de peine à les construire avec du verre.

Les glaces enduites par derriére d'une amalgame d'étain & de mercure sont plus légeres, moins coûteuses, & d'un poli plus durable que le métal dont je viens de parler; mais elles ont un défaut qui ne permet pas qu'on les employe dans les instrumens de Catoptrique, où l'on a besoin d'une grande précision; c'est que presque toujours elles donnent deux images de l'objet, l'une par la surface antérieure, l'autre par le teint qui couvre la derniére, avec cette différence, que celle-ci est beaucoup plus forte; & cet effet est d'autant plus marqué, que la glace est plus épaisse, comme on en pourra aisément juger en jettant les yeux sur la *Fig*. 6. dans laquelle *a b*, représente la première, & *c d* la derniére sur-

face d'une glace au teint ; car on voit que si deux rayons partant du même point de l'objet sont réfléchis, l'un par la surface *a b*, l'autre par *c d*, le premier portera l'image du point lumineux en *e*, & le dernier la fera voir en *f*.

On ne peut pas se servir d'un seul miroir plan, quelque grand qu'il soit, pour rassembler les rayons solaires, ni augmenter par-là le dégré de chaleur qu'ils produisent ; car comme une telle réflection ne change rien à leur parallélisme naturel, on n'en doit point attendre un effet qui ne pourroit arriver que par leur convergence : la lumiére directe du soleil seroit plus efficace, le miroir n'étant jamais assez parfait pour réfléchir réguliérement tous les rayons qui tombent dessus.

La clarté des bougies fait communément plus d'effet dans les lieux où il y a beaucoup de glaces ; parce qu'indépendamment de ces petites flammes, dont les images se multiplient, il revient plus de lumiére dessus les glaces polies, que des lambris peints, ou des meubles qui couvrent les murailles.

XVI. LEÇON.

Quand nous regardons directement un objet, c'est cet objet même que nous voyons ; & s'il est près de nous, nous le voyons presque toujours tel qu'il est ; mais dans un miroir nous n'appercevons que son image. Cette espéce de phantôme, au lieu de paroître appliqué à la surface réfléchissante qui le fait naître, se voit toujours au-delà à une distance plus ou moins grande, suivant celle de l'objet au miroir : sa grandeur, sa situation, sa figure, ne répondent pas toujours à celles du corps qu'il représente : cherchons les raisons de tous ces effets ; & pour nous faire mieux entendre, procédons par des suppositions extrêmement simples.

Représentons la surface d'un miroir plan par la ligne droite *a b*, *Fig.* 7. Soit un point lumineux *c* dont un rayon *c d* aille frapper le miroir, & se réfléchisse comme *d e*. L'objet apperçu par ce dernier trait de lumiére ne sera pas jugé en *c* où il est ; mais dans la ligne *e f*, (la distance restant indéterminée) parce que, comme nous l'avons enseigné précédemment *, on voit toujours dans la

* XV. Leçon, p. 76.

direction des rayons qui entrent dans l'oeil : or, dans le cas présent, l'oeil reçoit le rayon *d e* qui fait partie de la ligne *e f*.

Quant à la distance, il faut faire attention que jamais nous ne voyons par un rayon simple : de chaque point visible il nous vient une pyramide de lumiére dont la prunelle de notre œil mesure la base ; *c d*, *d e*, *Fig.* 7. n'est donc, à proprement parler, que l'axe de la pyramide partie incidente, partie réfléchie représentée par la *Fig.* 8. Il faut encore se souvenir que quand les objets sont près de nous, nous déterminons la distance des points visibles par le dégré de divergence des rayons qui forment les pyramides lumineuses ; c'est-à-dire, que chacun de ces points nous paroît être à l'endroit où les rayons iroient se réunir, ou se croiser, s'ils partoient de l'œil dans le même ordre avec lequel ils s'y sont présentés : c'est donc en *g* que le point *c* doit être apperçu, quoique la réunion des rayons ne soit qu'imaginaire.

Mais l'Expérience nous ayant fait voir que la réflection par un miroir

XVI. LEÇON.

plan ne change rien à la divergence des rayons, il s'enſuit que les points *g* & *c* ſont de part & d'autre à égales diſtances de la ſurface réfléchiſſante *a b*, & qu'ayant l'œil placé en *e*, on voit par réflection l'image du point *c*, préciſément auſſi loin qu'on l'auroit jugée, en le regardant lui-même directement du point *b*.

Voilà donc pourquoi nous voyons toutes les images eſpacées entr'elles derriére une glace, comme les objets le ſont devant elle : voilà ce qui fait que notre propre image s'avance vers nous, quand nous marchons vers le miroir, & que les mouvemens & les geſtes que nous faiſons en avant & en arriére ſont rendus en ſens contraire : d'où il arrive que ſans une grande habitude, nous avons peine à diriger l'action de nos mains en les conduiſant de l'œil par le moyen d'un miroir ; car leur image paſſant d'avant en arriére, par rapport à nous, quand nous la faiſons agir d'arriére en avant, nous croyons toujours avoir fait quelque mouvement contraire à notre intention, & cette incertitude nous fait héſiter, & nous rend maladroits.

Nous

Nous jugeons de la grandeur des images apperçues derriére les miroirs, comme de celles des objets que nous voyons par des rayons directs; c'est-à-dire, que nous estimons leurs dimensions par des angles visuels qui les embrassent. Ainsi, comme suivant le résultat de la IV. Expérience, la réflection qui se fait par un miroir plan conserve aux rayons de lumiére le dégré de convergence qu'ils avoient dans leur incidence, il s'ensuit, que l'angle *k e l*, *Fig.* 9. est égal à *K i L*, & qu'on doit voir l'image *k l*, précisément de la même grandeur qu'on verroit l'objet *K L*, lui-même, si on le regardoit du point *i*. C'est pourquoi l'on dit qu'une glace est *fausse*, quand l'image y paroît plus petite ou plus grande que l'objet qu'elle représente, parce qu'en effet cela n'arrive point quand elle est vraiment droite dans toute sa surface, comme elle doit l'être.

Les images qu'on apperçoit derriére les miroirs tenant lieu d'objets à la vision, nous dérogeons souvent, par prévention ou par habitude, à la régle des angles visuels, pour esti-

mer leur grandeur & leur distance. On peut appliquer ici tout ce qui a été dit à ce sujet dans la Section précédente, en considérant de plus, que comme la rencontre des miroirs les plus parfaits, cause toujours un déchet de lumiére, la clarté des images devient par-là moindre que celle des objets, ce qui nous porte à croire qu'elles sont dans un éloignement plus grand que celui qui résulte de la disposition des rayons réfléchis.

Il est presqu'inutile de faire remarquer, qu'un homme qui se regarde dans un miroir voit toute la partie droite de son corps à la gauche de son image; cela ne peut pas être autrement dès que celle-ci se présente face à face de son objet; elle en est comme la contr'épreuve : deux personnes vis-à-vis l'une de l'autre se voyent de la même maniére.

Mais ce qu'il est à propos d'observer, c'est que quand on est ainsi debout devant une glace, on ne peut voir de sa propre grandeur qu'une partie qui égale deux fois celle du miroir; de sorte que si ce miroir n'a pas la moitié de votre hauteur, vous

ne pourrez pas vous y voir tout entier. Vous verrez davantage une personne de votre taille, qui sera placée plus loin que vous de ce même miroir ; comme aussi vous verrez moins celle qui sera dans un moindre éloignement. Pour comprendre aisément les raisons de ces effets, il faut jetter les yeux sur la *Fig.* 9. & considérer, que quand l'objet & l'oeil sont à égales distances du miroir, comme cela est, quand on se regarde soi-même, les deux rayons qui forment l'angle *k e l*, & qui terminent les deux extrêmités de l'image, sont coupés à la moitié de leur longueur par la ligne *a b* qui représente la surface réfléchissante : or, leur écartement dans cet endroit est égal à la moitié de l'espace *k l*, dans lequel est renfermée toute l'image : d'où il suit évidemment, que si le miroir étoit moins haut que *m n*, il ne feroit pas voir l'objet *K L* tout entier.

En un mot, puisque les rayons *m e*, *n e*, réfléchis par un miroir plan, conservent le dégré de convergence qu'ils avoient en venant des extrêmités *K*, *L*, de l'objet, les apparences par la

partie *mn*, doivent être telles qu'elles seroient par un trou à jour de même grandeur fait dans une planche, si l'œil étoit placé derriére. Or, on sçait qu'en regardant par cette ouverture on découvriroit une étendue plus ou moins grande, suivant qu'on seroit plus ou moins près de cette espéce de fenêtre, & il est aisé d'en trouver les proportions ; car si l'on considere que l'œil est comme le centre, ou le point de convergence de tous les rayons visuels qui rasent les bords du trou, ces mêmes rayons prolongés au-dehors montreront par leur écartement, l'étendue qu'ils embrassent à une distance donnée.

On doit donc avoir égard à toutes ces considérations, quand on fait placer des glaces dans les appartemens, à dessein de faire voir des édifices, des parties de jardins ou des points de vûe qu'on aime à rencontrer ; sans cela on court risque de manquer ses projets, ou de ne les remplir qu'imparfaitement.

La situation de l'image dépend de la position de l'objet, relativement à celle du miroir : comme chaque par-

tie de l'objet & le lieu de ſon apparence, ſont de part & d'autre à égales diſtances de la ſurface réfléchiſſante, s'il y a quelqu'une de ces parties plus près ou plus loin du miroir, l'image la repréſentera de même: voilà ce qui fait que *k l*, *Fig. 9.* eſt incliné dans un ſens contraire à ſon objet *K L.* Car il faut que le point *k*, ſe trouve plus près de la ſurface *a b*, que le point *l.* Qu'un homme ſe couche tout à plat ſur le parquet d'une chambre, ayant les pieds contre une glace élevée d'aplomb, ſon image paroîtra couchée de même, elle aura comme lui les pieds contre la glace, & la tête dans le plus grand éloignement; & ſi cet homme ſe roidiſſant ſur les talons, ſe fait relever de maniére que ſon corps décrive un quart de cercle, l'image paſſera auſſi par tous les dégrés d'inclinaiſon, juſqu'à ce que l'un & l'autre ſe trouvent paralleles à la glace qui ſera entr'eux deux.

On voit par-là, de quelle conſéquence il eſt de placer les glaces dans les appartemens, de façon qu'elles faſſent exactememeat des angles

XVI. LEÇON.

droits avec les planchers & avec les murs ; sans quoi, ni les uns, ni les autres, ne peuvent s'aligner avec leurs images ; parce que celles-ci s'inclinent vers leurs objets, quand les objets s'inclinent aux miroirs.

Une chose très-curieuse à remarquer, c'est que quand le miroir s'incline devant un objet, l'image fait une fois plus de chemin, que quand c'est l'objet qui s'incline devant le miroir. L'homme dont je viens de parler, par exemple, verroit son image parcourir un demi-cercle au lieu d'un quart, si se tenant debout au bord d'un miroir placé horizontalement, il le faisoit relever entiérement devant lui. Supposez que cet homme soit dans la ligne *E G*, *Fig.* 10. & que le miroir soit *a b*, sa tête paroîtra en *e*, & ses pieds en *g* ; par conséquent l'image & l'objet seront dans le diamétre vertical du demi-cercle *E b e*. Que le miroir s'éleve en faisant seulement un angle de 45 dégrés au pied de l'objet, comme dans la *Fig.* 11. alors on verra l'homme dans le rayon horizontal *a e* : & par conséquent son image aura parcouru

un quart de cercle, par le mouvement angulaire du miroir qui n'aura été que de 45 dégrés ; c'est par cette raison que quand on transporte un miroir, le moindre mouvement qu'on lui fait faire, paroît beaucoup plus grand, à en juger par celui des images qu'on apperçoit derriére. Les réflets de lumiére qui se font par une piéce d'eau, font toujours des mouvemens très-sensibles, quoique l'eau paroisse n'en avoir presque point : & les télescopes de réflection sont plus difficiles que les autres à manier, pour ceux qui n'en ont point acquis l'habitude ; parce que le moindre mouvement qu'on donne aux miroirs faisant faire un grand chemin à l'image que l'on cherche, la rend plus difficile à saisir, ou la fait perdre aisément quand on la tient.

Les miroirs plans ont encore la propriété de conserver aux images, des figures parfaitement conformes à celles des objets ; & toujours par la raison que la distance *a g*, *Fig.* 8. est égale à *a c* : car si vous appliquez cette régle à tous les points *E*, *F*, *G*, &c. des *Fig.* 10. & 11, vous verrez que

XVI. LEÇON.

e c étant égal à *c E*, *f d* à *d F*, *g h* à *h G*, &c. il eſt de toute néceſſité que *e*, *f*, *g*, ſe trouvent dans une ligne droite, comme *E*, *F*, *G*; & conſéquemment ſi la partie *F* de l'objet, ſe trouvoit hors de la ligne *E a*, le point correſpondant *f*, ſeroit vû auſſi plus près ou plus loin que la ligne *a e*: en un mot la figure n'étant autre choſe que l'arrangement des parties, & les miroirs plans rendant des images dont les parties ſont arrangées comme celles de l'objet, on peut dire en toute ſûreté, qu'ils conſervent aux images des figures conformes à celles des objets; & que quand cela n'arrive pas, c'eſt que le miroir n'eſt point parfaitement droit en tous ſens.

L'image qu'on apperçoit dans un miroir peut ſervir d'objet elle-même, & ſe voir une ſeconde fois dans un autre miroir; & ſi celui-ci eſt placé de façon à la renvoyer ſur le premier, elle peut être apperçue un grand nombre de fois dans le même: c'eſt ce que l'on fait tous les jours dans un appartement où l'on ſuſpend un luſtre entre deux glaces, élevées parallélement

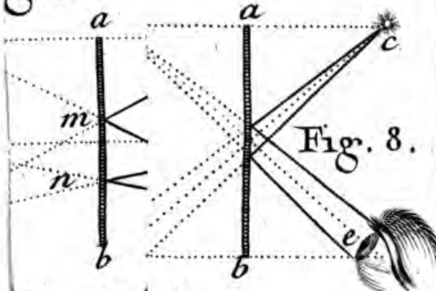
parallélement l'une vis-à-vis de l'autre ; mais comme l'image qui sert d'objet, est plus éloignée du miroir que l'objet même, elle doit aussi paroître plus loin derriére que la premiére image, & ainsi des autres; voilà pourquoi dans l'exemple que je viens de citer, il paroît tant de lustres les uns après les autres dans le même alignement. Les plus éloignées de ces images sont aussi les plus foibles, parce que dans chaque réflection il y a toujours une partie des rayons qui s'éteignent ou qui se dispersent, ce qui fait que les derniéres sont formées avec une moindre quantité de lumiére, & qu'elles ont l'air d'être plus effacées.

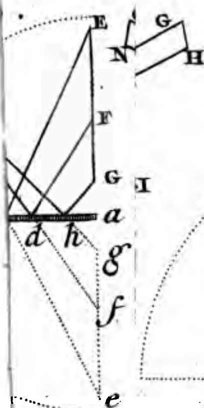
On fait par curiosité des miroirs à plusieurs faces planes, prismatiques & pyramidaux, dont la propriété est de rassembler dans une seule image & sans interruption plusieurs objets ou plusieurs parties d'un même dessein, dispersés & séparés par des espaces vuides, ou remplis par d'autres figures qui ne se représentent point dans le miroir. Ces effets ne seront pas difficiles à expliquer pour

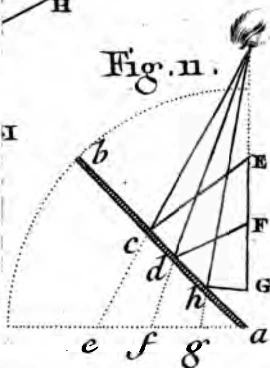
XVI. LEÇON. quiconque aura bien compris ce que j'ai dit précédemment touchant les miroirs droits. Supposons, par exemple, qu'il y ait quatre faces réfléchissantes élevées perpendiculairement autour d'une base, telle que *ABCDE*, *Fig.* 12. Il est évident que l'œil placé à une certaine distance, comme *F*, & élevé d'un pied ou environ au-dessus du plan qui porte le miroir, appercevra par les rayons réfléchis *AF*, *BF*, *CF*, *DF*, & semblables, tout ce qui sera dessiné dans les espaces *ABGH*, *BCIK*, &c. & que tout ce qui ne s'y trouvera pas renfermé ne se verra point dans le miroir, si l'œil ne se porte ni à droite ni à gauche; ce qui donne la liberté de remplir d'objets étrangers au dessein, les espaces *HBI*, *KCL*, *MDN*, & de déguiser par ce moyen la figure dont le miroir doit représenter l'image, & dont les parties sont séparées par ces triangles.

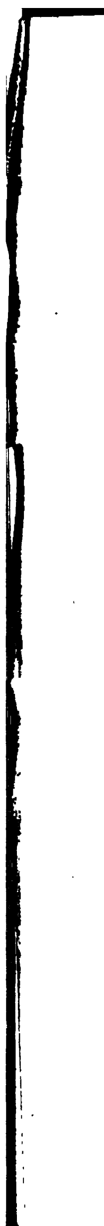
Il en est à-peu-près de même d'un miroir pyramidal, dont les faces sont des plans triangulaires : autant il y a de côtés à la base, *Fig.* 13.


a c
d
Fig. 6.
e
f
b d


g. 9 .
a
m
n
b
a
c
Fig. 8.
e
b


E
N
G
H
F
G
I
a
d
h
g
f
e


Fig. 11.
b
E
F
c
d
G
h
a
e
f
g



autant on obſerve ſur le carton de triangles dans leſquels on renferme toutes les parties du deſſein, que le miroir doit raſſembler & faire voir à l'œil, qui ſe place pour cela dans l'axe prolongé de la pyramide, afin de pouvoir découvrir toutes les faces réfléchiſſantes. Ce qui ſe trouve deſſiné dans les places *A*, *B*, *C*, *D*, ſe voit dans les parties correſpondantes de la baſe *a*, *b*, *c*, *d*, & cette image ne comprend rien de tout ce qu'on peut avoir mis en *E*, *F*, *G*, *H*, pour interrompre le deſſein & empêcher qu'on n'apperçoive les rapports que ſes parties ont entr'elles.

Il eſt à propos d'obſerver que les rayons réfléchis *g G*, *h G*, *i G*, font voir les points *A B C*, *Fig.* 14. dans un ordre tout-à fait oppoſé à celui qu'ils ont ſur le carton, comme on le peut voir par les parties correſpondantes de l'image *a*, *b*, *c*; & comme c'eſt la même choſe pour tous les triangles, on voit qu'il faut que toutes les parties de la figure qui ſont renfermées dans chacun d'eux, ſoient placées à contre-ſens, afin que l'image apperçue dans le miroir repréſente ſon objet

au naturel: c'eſt encore une raiſon pour laquelle on a tant de peine à deviner ce que portent ces cartons, quand on les regarde ſans l'aide du miroir.

Voilà les principaux effets des miroirs plans; paſſons à ceux des miroirs courbes, qui ſont convexes.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons convergens dans leur incidence ſont réfléchis par un miroir convexe,

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans cette expérience & dans les deux ſuivantes, on ſe ſert encore du grand cercle repréſenté par la *Fig.* 2. Mais au lieu du miroir plan, on met en *C D* le miroir convexe, & l'on y fait tomber deux rayons convergens, de la même maniére que dans la IV. Expérience.

EFFETS.

Les deux rayons réfléchis, au lieu de ne former qu'un point lumineux en ſe réuniſſant ſur le chaſſis *B*, y

marquent deux images diſtinctes : ce qui montre bien clairement, que leur convergence n'eſt pas auſſi grande qu'elle étoit avant qu'ils euſſent touché le miroir.

XVI. LEÇON.

CINQUIEME CAS.

Si des rayons qui tombent paralleles entr'eux ſont réfléchis par un miroir convexe.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le miroir convexe reſtant en place, il faut opérer comme dans la II. Expérience, après avoir ôté le verre qui couvre le diaphragme en *A*.

EFFETS.

Les deux rayons réfléchis deviennent divergens entr'eux, ce que l'on apperçoit tant par leur écartement qui augmente toujours depuis le miroir juſqu'au chaſſis *B*, que par la diſtance réciproque des images, qui eſt conſidérablement plus grande que celle des trous, par où paſſent les rayons en *A*.

XVI. LEÇON.

SIXIEME CAS.

Si des rayons divergens sont réfléchis par un miroir convexe.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On fait diverger les rayons incidens de la même maniére, & par le même moyen que dans la III. Expérience, en laissant toujours le miroir convexe en place.

EFFETS.

Après la réflection, les deux cercles lumineux sont plus distans l'un de l'autre sur le chassis transparent, qu'ils ne le sont, lorsque le miroir étant ôté, ils arrivent directement vers *E*; ce qui montre qu'ils sont plus divergens étant réfléchis, qu'ils ne le sont dans leur incidence.

EXPLICATION.

Comme nous avons représenté le miroir plan par une ligne droite; celui des trois derniéres Expériences peut être exprimé par une courbe

dont la convexité se présente aux rayons incidens: or une ligne courbe, comme je l'ai déja dit en plusieurs endroits de cet Ouvrage, est un assemblage de lignes droites infiniment courtes & insensiblement inclinées entr'elles. Pour en raisonner d'une maniére plus commode & plus facile à comprendre, faisons ces élémens d'une grandeur sensible, ainsi que leurs dégrés d'inclinaison, & l'on verra bien-tôt pourquoi les rayons réfléchis par un miroir convexe, ne gardent plus entr'eux le même ordre, la même position qu'ils avoient dans le tems qu'ils venoient au miroir; car chacun d'eux faisant son angle de réflection égal à celui de son incidence, & les parties du miroir qui se suivent immédiatement, étant plus inclinées pour un des rayons incidens que pour celui qui le devance ou qui le suit, il doit arriver le plus souvent, que les rayons réfléchis s'approchent ou s'écartent les uns des autres plus qu'auparavant; & c'est le dernier de ces deux effets qui a lieu, quand la lumiére tombe

XVI. LEÇON.

sur l'extérieur de la courbure, formée par les parties réfléchissantes: ainsi les rayons paralleles *ab*, *cd*, *Fig.* 15. en frappant les parties *d* & *b* du miroir, & faisant les angles de réflection *ebf*, & *hdi*, égaux à ceux d'incidence *abg*, & *cdk*, deviennent divergens & vont aboutir aux points *e*, *h*.

On voit de même en jettant les yeux sur les Fig. 16 & 17. que la même régle étant observée, les rayons qui auroient leur point de convergence en *m*, après la réflection ne se réunissent plus qu'en *l*; & que ceux dont la divergence seroit à peine sensible à la distance *m*, prennent un écartement beaucoup plus grand vers *l* qui désigne un pareil dégré d'éloignement.

Le miroir dont nous avons fait usage dans les derniéres Expériences, n'a qu'une simple courbure, & cela suffit, quand on ne considere que les rayons de lumiére qui sont dans un même plan: mais il est aisé de voir que ce qui en résulte peut s'appliquer à des miroirs d'une courbure uniforme dans tous les sens,

tels que sont, par exemple, les miroirs sphériques convexes; car comme chaque faisceau de rayons cylindrique ou pyramidal coupé suivant la longueur de son axe peut fournir une infinité de plans, tous les filets de lumiére qui se trouveront dans ces plans aboutiront toujours sur le miroir, dans une ligne dont on pourra dire tout ce que nous avons remarqué par rapport aux points *d*, *b*, &c. des Figures 16. & 17. XVI. LEÇON.

On doit donc regarder comme des faits certains, 1°. Que tous les miroirs de cette espéce, petits ou grands, diminuent pour le moins la convergence des rayons qui tendent à se réunir.

2°. Qu'ils rendent divergens ceux qui ne sont que paralleles.

3°. Qu'ils augmentent la divergence de ceux qui en avoient déja avant que d'être réfléchis; & ces effets immédiats en occasionnent plusieurs autres qui ont rapport soit à la production de la chaleur, soit à la vision des objets; je vais en rapporter quelques-uns.

XVI. LEÇON.

APPLICATIONS.

L'on employeroit inutilement les miroirs convexes pour augmenter la chaleur qui vient des rayons solaires; car la lumiére de cet astre étant naturellement presque parallele à elle-même, bien loin de devenir convergente, comme il faudroit qu'elle le fût pour acquérir plus de force, ne peut que diverger & se raréfier, lorsqu'elle est réfléchie par de telles surfaces.

Comme les planétes qui nous renvoyent les rayons du soleil, sont sphériques, ou à-peu-près, la lumiére qui nous en vient ne peut être que fort affoiblie, non-seulement parce qu'elle fait un plus long trajet en passant de sa source à ces corps célestes, & de ces corps jusqu'à notre globe, mais encore parce qu'il n'y en a qu'une partie de réfléchie vers nous, & que ce qui nous en arrive est très-raréfié, par la divergence que lui donne la sphéricité des surfaces réfléchissantes. M. Bouguer prétend, d'après des Expériences qu'il a faites avec soin, que la lumiére de la pleine Lune, à sa moyen-

ne diſtance de la terre, eſt trois cens mille fois plus rare que celle du Soleil: c'eſt pour cela ſans doute, qu'elle ne produit aucune chaleur ſenſible, lors même qu'on la raſſemble par le moyen des miroirs. Car quand on parviendroit à la condenſer autant qu'elle a été raréfiée par le corps ſphérique qui nous la renvoye, ce qui ſeroit difficile à exécuter, elle auroit toujours bien moins de force, que quand elle vient directement du ſoleil à nous, à cauſe du grand nombre de rayons qui s'abſorbent, qui ſe détournent ou qui s'éteignent, ſoit en touchant le corps qui doit les réfléchir, ſoit en traverſant l'atmoſphére terreſtre.

C'eſt un fait certain & connu de tous les Voyageurs, que ſur le ſommet des hautes montagnes, la chaleur du ſoleil ſe fait beaucoup moins ſentir, que dans les gorges ou dans les plaines baſſes; il y fait toujours froid. Parmi les cauſes qui contribuent à cet effet, on peut légitimement compter la divergence des rayons de lumiére conſidérablement augmentée par la figure arrondie du

XVI. LEÇON.

terrein : car, comme je l'ai déja remarqué ailleurs, * la chaleur qu'on éprouve à la ſurface de la terre, vient non-ſeulement des rayons directs du Soleil, mais auſſi des rayons réfléchis: ceux-ci, étant raréfiés ou diſperſés par la maniére dont ils rejailliſſent, l'effet total doit être moindre.

* Tom. 4. pag. 334.

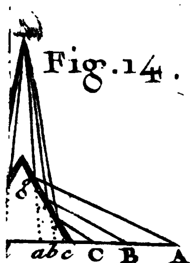
Les miroirs convexes, comme ceux qui ſont plans, font toujours voir l'image derriére la ſurface réfléchiſſante & dans une ſituation conforme à celle de l'objet; mais au lieu que dans ceux-ci, le point de réflection ſe trouve à égales diſtances entre l'une & l'autre, dans ceux-là l'image eſt rapprochée à proportion de la convexité plus ou moins grande : cette différence vient de ce que la divergence naturelle des rayons qui partent de chaque point viſible de l'objet, ſe trouve augmentée après la réflection, comme nous l'avons vu par la VII. Expérience ; ce qui rapproche immanquablement de l'œil leur point de réunion, auquel nous rapportons la partie de l'objet dont ces rayons nous tracent l'image: voyez la *Fig*. 18. & comparez-la avec la 8ᵉ.

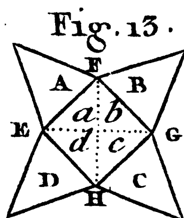
Un autre effet par lequel les miroirs convexes différent des miroirs droits, c'eſt qu'ils rendent l'image toujours plus petite que ſon objet, & cela d'autant plus que celui-ci s'éloigne davantage de la ſurface réfléchiſſante ; on en appercevra la raiſon ſi l'on conſidere un peu les conſéquences que doit avoir la V. Expérience, par laquelle nous avons fait voir, que des rayons convergens dans leur incidence, le ſont toujours moins après avoir été réfléchis par une ſurface convexe : car c'eſt pour cela que les deux rayons *Ce*, *Dd*, *Fig*. 19. ſe réuniſſent plus loin qu'ils n'auroient fait ſans la rencontre du miroir *ab* ; & par cette nouvelle diſpoſition, ils font voir l'image ſous un angle plus petit que celui ſous lequel on eût vu l'objet en le regardant directement du point *f*.

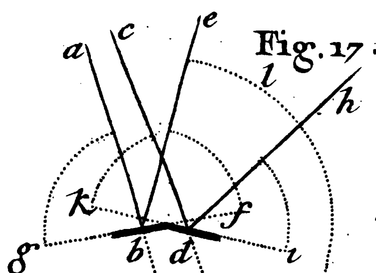
Si le même objet s'éloigne davantage du miroir, les rayons incidens *ce*, *dd*, devenant par-là moins convergens, ſe réuniront après la réflection encore plus loin que dans le premier cas ; ce qui fera voir l'image ſous l'angle *egd*, plus petit que *eid*.

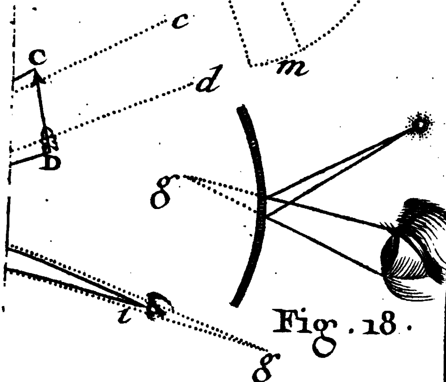
Il faut remarquer que quand un miroir convexe diminue la convergence des rayons qu'il réfléchit, c'est le moindre effet qu'il puisse produire; car il peut arriver, soit par une plus grande convexité du miroir, soit par une moindre convergence des rayons qui tombent dessus, que ceux-ci, après la réflection, se trouvent paralleles ou même divergens, & tous ceux à qui cela arrive, ne peuvent plus se croiser dans l'œil, ni par conséquent concourir à y former l'image de ce que l'on cherche à voir. Rendons ceci plus intelligible par une figure.

Soit *a b*, *Fig.* 20. un miroir convexe faisant partie d'une sphére dont le centre seroit en *c*. Si des deux extrémités *d*, *e*, d'un objet, vous conduisez des rayons divergens qui occupent les deux espaces *af*, *bf*, en faisant les angles de réflection égaux à ceux d'incidence, vous trouverez 1°. que les rayons *dh*, *ei*, qui tendent au centre de la sphéricité, se réfléchissent sur eux-mêmes; puisqu'étant comme des rayons prolongés de la sphére dont le miroir fait partie, ils ne sont,


Fig. 14.
g
a b c
C
B
A


Fig. 13.
F
A
B
a b
E
d c
G
D
C
H


Fig. 17.
a
c
e
l
h
k
f
g
b
d
i
m


c
C
d
D
g
i
g
Fig. 18.

ni plus ni moins inclinés vers *a* ou vers *b*, que vers *f*. Ces rayons ſont donc fort divergens entr'eux, & fort éloignés de ſe joindre en quelque endroit que ce ſoit. 2°. Cet effet ſera encore plus remarquable dans les rayons réfléchis par les parties *ah* & *b i*, comme on peut s'en aſsûrer par la ſeule inſpection de la figure. 3°. L'on reconnoîtra que depuis *h* juſqu'en *k*, & dans la partie correſpondante depuis *i* juſqu'en *l*, les rayons réfléchis perdent peu-à-peu cette divergence, & qu'ils deviennent enfin paralleles : ce qui ne ſuffit point encore pour faire entrer dans l'œil des rayons venant des deux extrêmités oppoſées *d*, *e*, ou, ce qui eſt la même choſe, pour faire voir l'objet en entier. 4°. Mais à compter excluſivement des points *k* & *l*, où les rayons incidens tendent en *m*, qui eſt le quart du diamétre de la ſphéricité, la lumiére réfléchie converge ſur l'axe prolongé *fg* : par-tout où l'œil ſe trouvera placé dans cette ligne, il verra l'objet entier dans la partie *k l* du miroir, & il le verra ſous des angles de plus

en plus petits, à mesure qu'il s'éloignera davantage du miroir, en se plaçant successivement en *n*, en *g*, &c.

Un objet d'une certaine grandeur, & dont les dimensions sont droites, se représente dans un miroir convexe, sous une figure différente de celle qu'il a; parce que n'ayant point toutes ses parties à égales distances de la surface réfléchissante, & chacune d'elles se représentant derriére le miroir dans un dégré d'éloignement proportionnel à celui qu'elle a par sa position devant le miroir, il est de toute nécessité que l'image du point *o* paroisse plus près que celles des points *d*, *e*, & que cette ligne qui est droite ait l'apparence d'une courbe: un miroir convexe ne peut rendre les images conformes aux objets, que quand ceux-ci se présentent avec des surfaces paralleles à sa courbure.

Si les miroirs dont nous parlons, sont infidéles par rapport aux figures des objets qu'ils nous représentent, on peut leur reprocher encore de rendre avec peu d'exactitude les mouvemens qui se passent devant eux, & l'un est une suite nécessaire de l'autre;

l'autre; car un corps qui se meut devant un miroir ne fait que se présenter successivement dans différens lieux: si en passant de l'un à l'autre, il parcourt des lignes ou des surfaces qui ne soient point paralleles à la courbure du miroir, comme cela arrive le plus souvent, ce corps, par les raisons que je viens d'alléguer, aura dans le miroir des apparences successives, dont la suite ne répondra pas exactement à celle des positions qu'il aura prises réellement.

On voit par expérience la vérité de tout ce que je viens de remarquer au sujet des miroirs convexes, en arrêtant la vûe sur un bouton d'or ou d'argent bien bruni, sur une boîte de montre, &c. on y voit son visage, comme dans une miniature: on l'y voit dans sa situation naturelle, & fort près derriére la surface réfléchissante; mais rarement le voit-on dessiné correctement, & les mouvemens de cette image ne répondent pas non plus bien exactement à ceux qu'on lui donne à imiter: cela vient, sans doute, des irrégularités de ces petits miroirs destinés à briller, plutôt qu'à

XVI. LEÇON.

représenter des images; mais quand ils seroient taillés pour ce dernier effet, ils auroient toujours dans les cas ordinaires les imperfections que j'ai remarquées ci-dessus.

Cependant, quand l'objet est loin du miroir, que le miroir a beaucoup de largeur & peu de convexité, les images ne se défigurent pas sensiblement; le dessinateur, ou le peintre qui veut s'en aider, pour réduire un tableau du grand au petit ne laisse pas que d'en tirer un parti assez avantageux.

On voit dans les cabinets des curieux certaines glaces qui sont bien droites, à l'extérieur, & qui font très-sensiblement l'effet des miroirs convexes. Assez souvent le même morceau présente plusieurs de ces petits miroirs qui paroissent bombés, & qui font en cela une illusion dont on ne se désabuse que par le tact: en effet, la surface antérieure de la glace est plane dans toute son étendue; mais l'autre est creusée en portions de sphére concave, & enduite de vif argent & d'étain. Cet enduit métallique sur lequel se fait la plus grande

réflection de la lumiére, en s'appliquant dans les creux, forme des miroirs convexes du côté des objets & du spectateur, & en produit tous les effets. Voyons maintenant ceux des miroirs concaves.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles sont réfléchis par un miroir concave.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette Expérience doit se préparer comme la seconde ; excepté qu'au lieu du miroir plan, on met en *C D* celui qui est concave, *Fig.* 2.

EFFETS.

Les deux rayons, après avoir touché le miroir, deviennent convergens entr'eux, & ne font plus qu'une très-petite image lumineuse, sur le papier du chassis *B*.



XVI. LEÇON.

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergens entr'eux sont réfléchis par un miroir concave.

IX. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Laissez l'appareil tel qu'il étoit dans la derniére Expérience, & ajoutez sur le diaphragme en *A*, le verre lenticulaire de la IVe.

EFFETS.

Les deux rayons incidens dont le point de convergence est en *E*, (ce qu'on peut aisément reconnoître, en ôtant le miroir pour les laisser passer) se réunissent après la réflection, & se croisent dans l'espace qui est entre le miroir & le chassis *B*; c'est-à-dire, que leur convergence est augmentée considérablement.

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergens dans leur incidence sont réfléchis par un miroir concave.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Répétez tout ce qui a été fait dans

la seconde Expérience, en employant toujours le miroir concave, au lieu du miroir droit. XVI. LEÇON.

EFFETS.

Les deux rayons réfléchis marquent sur le chassis *B*, deux images bien plus rapprochées l'une de l'autre, qu'elles ne l'étoient sur le même chassis abaissé en *E*, lorsqu'en ôtant le miroir, on y laissoit aller les deux rayons incidens : ce qui montre que la réflection causée par le miroir a beaucoup diminué la divergence qu'avoient les rayons avant que d'y arriver.

De ces derniéres Expériences il résulte trois vérités fondamentales. 1°. Que par la réflection qui se fait de la lumiére sur les miroirs concaves, les rayons convergens dans leur incidence le deviennent davantage.

2°. Que les rayons paralleles sont rendus convergens.

3°. Que ceux qui tombent divergens le deviennent moins, & qu'ils peuvent devenir paralleles, ou convergens.

EXPLICATION.

Après ce que j'ai dit * pour expli-

* Pag 199.

XVI. LEÇON.

quer les effets des miroirs convexes, nous devons regarder les élémens des concaves comme de petites faces planes, inclinées les unes vers les autres, de même que les lignes *a c*, *b c*, *Fig.* 21. Les rayons qui tombent dessus, faisant sur chacune d'elles des angles de réflection égaux à ceux de leur incidence, doivent de toute néceśsité se rapprocher l'un de l'autre: voilà pourquoi, dans la VIII. Expérience, les rayons réfléchis sont devenus convergens de paralleles qu'ils étoient. Le parallélisme est comme le point de partage entre la convergence & la divergence, pour le peu que les rayons sortent de cette espéce d'équilibre, en s'inclinant les uns vers les autres, il faut nécessairement qu'ils commencent à converger vers un point de réunion.

L'effet essentiel & immanquable du miroir concave étant donc de rapprocher les uns des autres les rayons de lumiére qu'il réfléchit, on voit tout d'un coup, & sans autre explication, pourquoi les rayons de la IX. Expérience sont devenus plus convergens qu'ils n'étoient, & comment ceux de

la X[e] ont perdu une partie de leur divergence.

Mais puiſque ces effets dépendent principalement de l'inclinaiſon reſpective des parties du miroir, plus ſa courbure ſera grande, plus on doit s'attendre qu'il condenſera la lumiére, ou qu'il la raſſemblera dans un plus petit eſpace; & comme la réflection a toujours un rapport conſtant avec l'incidence, il eſt certain que les rayons réfléchis par un miroir concave d'une courbure déterminée ſe raſſemblent d'autant plus, qu'ils en étoient moins éloignés, ou qu'ils y étoient plus diſpoſés en arrivant à la ſurface réfléchiſſante : ainſi toutes choſes égales d'ailleurs, les rayons qui convergent le plus avant que de toucher le miroir, ſont ceux qui ſe réuniſſent le plus près de lui après l'avoir touché; & ceux qui divergent le moins dans leur incidence, ſont les plus propres à devenir paralléles ou convergens, par la réflection.

Quand un miroir concave rend les rayons convergens, l'endroit où ils ſe raſſemblent s'appelle *foyer*; & ſuivant ma derniére remarque, ce foyer

XVI. LEÇON.
n'eſt pas le même pour toutes ſortes de rayons incidens.

Si les rayons tombent paralleles, comme *a b*, *d e*, *Fig.* 22. ſur un miroir ſphérique concave, en obſervant que les angles de réflection ſoient égaux à ceux d'incidence, on trouve qu'ils ſe raſſemblent dans un petit eſpace (*a*) en *F*; c'eſt-à-dire, à une diſtance du miroir, qui eſt le quart du diamétre de ſa ſphéricité.

Des rayons qui tomberoient convergens, comme *f g*, *h i*, ſur le même miroir, auroient leur foyer plus près, en *K*, par exemple; & tels qui ſeroient divergens, comme *l m*, *n o*, avant d'être réfléchis, auroient leur point de convergence en *P*; c'eſt-à-dire, plus loin du miroir, que le foyer des rayons paralleles.

APPLICATIONS.

La Phyſique conſidere dans l'uſage des miroirs concaves deux ſortes d'effets.

(*a*) Je dis dans un petit eſpace, & non dans un point, parce que la courbure ſphérique n'eſt pas celle qu'il faudroit, pour faire coincider exactement tous les rayons réfléchis; cela n'arrive qu'à ceux qui ſont le plus près de l'axe du miroir.

d'effets. Les uns consistent à rassembler dans un petit espace des rayons de feu ou de lumiére, au point d'échauffer considérablement, de brûler, de fondre, de calciner les corps les plus compacts & les plus durs : les autres concernent les apparences des objets que ces miroirs nous représentent. J'ai déja parlé des premiers, & je crois avoir dit sur cela ce qu'il y a de plus essentiel à sçavoir, en traitant des différentes maniéres d'exciter le feu, dans la XIII[e] Leçon : j'ajouterai seulement ici un fait qui est très-curieux & très-propre à confirmer ce que j'ai prouvé dans les derniéres Expériences.

Si l'on éleve verticalement & parallélement entr'eux, deux miroirs sphériques concaves de 15 à 18 pouces de diamétre, & d'une telle courbure, que le point de réunion des rayons qui tombent paralléles, soit à 12 ou 15 pouces de la surface réfléchissante, un charbon bien ardent, placé au foyer de l'un de ces miroirs, allume de l'amadoue ou de la poudre à canon au foyer de l'autre, y eût-il 25 ou 30 pieds de distance entre les deux.

XVI. LEÇON.

Cette belle Expérience n'exige pas des miroirs bien parfaits : M. Varinge qui tenoit cette Expérience des Jésuites de Prague, & de qui nous l'avons reçue, n'employoit pour cela que des miroirs de bois dorés (a). Je la répéte depuis 30 ans avec des cartons argentés & brunis de 18 pouces de diamétre, & dont la surface concave fait partie d'une sphére creuse de 2 pieds de rayon. Je me suis apperçu cependant qu'un enduit de feuilles d'or est préférable à celui d'argent, non-seulement parce qu'il se conserve mieux, mais aussi parce qu'il réfléchit plus puissamment les rayons de feu.

Mais ce qu'il y a d'essentiel à ob-

(a) Le Pere Zahn dans son *Oculus artificialis*, p. 753. dit qu'un homme digne de foi lui avoit dit avoir vu à Vienne deux miroirs sphériques concaves qui faisoient cet effet étant placés à 20 pieds de distance l'un de l'autre. Le P. Cavalier dans son traité *delle settione coniche*, cap. 27. dit qu'il a mis des charbons ardens au foyer d'un miroir sphérique de plomb, & que les rayons s'étant réfléchis parallélement, il les avoit réunis ensuite avec un miroir concave formé en cône parabolique tronqué de façon, que le foyer se trouvoit derriére le miroir dans la partie tronquée, & que par ce moyen il avoit mis le feu à des matiéres combustibles.

server pour le succès de l'Expérience, c'est qu'il faut exciter par un souffle égal le charbon du côté qui regarde le miroir dont il occupe le foyer ; & pour cela M. Dufay se servoit très-ingénieusement de la vapeur dilatée d'un éolypile dont le col étoit un peu plus long que d'ordinaire, afin que le corps du vaisseau & le réchaud sur lequel il étoit posé, étant plus bas que le bord inférieur du miroir, n'empêchassent point les rayons de feu de parvenir à cette partie de la surface réfléchissante. Au lieu de cela je me sers assez commodément d'un soufflet à double ame, dont je fais entrer le bout dans un tuyau de fer-blanc qui est fixé dans un trou pratiqué au centre de mon miroir, & qui va aboutir à deux pouces du charbon. Je dois dire encore qu'il est plus aisé de réussir dans l'obscurité qu'en plein jour ; & qu'il est bon qu'il y ait une personne à chaque miroir, l'une pour exciter le feu bien également & sans interruption, l'autre pour tenir le corps combustible dans le vrai foyer au moment où il paroît le plus ardent.

Après ce que j'ai dit dans la der-

XVI. LEÇON.

niére explication touchant la maniére dont se forment les foyers des miroirs concaves, l'explication du fait que je viens de rapporter se présente d'elle-même ; car puisque les rayons paralléles *a b*, *d e*, *Fig.* 22. deviennent convergens en *F*, en vertu des angles de réflection égaux à ceux d'incidence, réciproquement & par la même raison, tous les rayons qui comme *F b*, *F e*, viennent au miroir d'un point radieux placé en *F*, doivent se réfléchir parallélement en tr'eux ; & c'est ce qui arrive à ceux du charbon ardent.

Ensuite, quand ce faisceau de rayons paralleles vient à rencontrer un semblable miroir, il est réfléchi une seconde fois, & tous les filets qui le composent devenus convergens, se rassemblent dans le petit espace où est placée l'amadoue, & y font naître une chaleur capable de l'allumer.

En supposant que le charbon soit placé bien exactement au foyer du premier miroir, & que par-là les rayons réfléchis soient bien paralleles, cette Expérience pourroit réussir à des distances beaucoup plus

grandes que celles de 25 ou 30 pieds; puisque le second miroir, à quelque éloignement qu'on le mît, recevroit toujours la même quantité de rayons qui seroient renvoyés par le premier; mais la masse d'air qui se trouve interposée, y cause nécessairement un déchet, & par cette raison les miroirs ne peuvent être écartés l'un de l'autre que d'une certaine quantité, qui doit varier selon la beauté & la grandeur des miroirs, la quantité & l'activité du feu qu'on employe, l'état actuel de l'atmosphére, &c. M. Dufay avec des miroirs de plâtre dorés de 20 pouces de diametre, enflammoit de l'amadoue à 50 pieds de distance.

Les miroirs plans, & ceux qui sont convexes, nous font toujours voir l'image de l'objet derriére la surface réfléchissante; c'est-à-dire, qu'ils se trouvent entre cette image & l'oeil du spectateur: il n'en est pas de même des miroirs concaves; ils ne produisent cet effet que dans certains cas, lorsque l'objet est placé devant eux, à une distance qui n'égale point le quart du diamétre de leur sphéricité; c'est-à-dire, plus près que le point

XVI. LEÇON.

F, *Fig.* 23. dans les autres cas l'image sort, pour ainsi dire, du miroir, & s'avance plus ou moins, suivant l'éloignement de l'objet à la surface réfléchissante.

Pour bien entendre ceci, & ce qui suivra, il est à propos de se rappeller deux principes qui ont été établis dans l'article précédent : sçavoir, 1°. que chaque point éclairé d'un objet nous devient visible par un faisceau de rayons divergens, par une pyramide de lumiére, dont la base est égale à l'ouverture de la prunelle de l'œil; de sorte que si les filets ou rayons qui forment cette pyramide, par quelque cause que ce puisse être, au lieu de divergens qu'ils sont naturellement, se présentent, ou paralleles, ou convergens, nous cessons de voir distinctement le point éclairé d'où ils procédent (*a*). J'en dirai les raisons, lorsque j'expliquerai les parties de l'œil & leurs fonctions : 2°. que nous ne sçaurions voir un objet entier, à moins que des extrêmités op-

(*a*) Ceci doit s'entendre des vûes ordinaires, & non pas de celles des presbytes dont il sera parlé dans la suite.

posées de ses dimensions il ne se fasse vers l'oeil un concours de ces faisceaux ou pyramides dont je viens de parler. Quand il arrive, par quelque moyen que ce soit, que ces rayons perdent cette tendance commune qu'ils ont vers l'oeil, jusqu'au point de devenir seulement paralleles entr'eux, la vision alors ne peut plus se faire que très-imparfaitement.

Cela posé, si l'on considere maintenant que le foyer des rayons paralleles est en *F*, & qu'il faut par conséquent que le point radieux *A* se trouve plus près du miroir, pour que les rayons réfléchis vers l'oeil conservent ce dégré de divergence dont je viens de rappeller la nécessité, on sentira tout-d'un-coup, comment il tient à cette derniére condition que nous n'appercevions l'image derriére le miroir, puisque c'est par elle que les rayons réfléchis ont derriére la surface réfléchissante un point de réunion *a*, où nous rapportons le point radieux ou visible de l'objet.

Et comme par les grandeurs respectives du miroir & de l'objet, il arrive que l'oeil placé en certains en-

XVI. LEÇON. droits ne peut plus recevoir en même tems des rayons de tous les points éclairés, cela fait quelquefois que l'objet ne nous est pas représenté en entier.

Lorsque le point radieux est entre le quart & la moitié du diamétre de la sphéricité du miroir entre *F* & *C*, les rayons réfléchis *b E*, *d E*, deviennent convergens & se croisent plus loin que le point *C*, en *E*, par exemple, ou plus loin, en s'écartant du miroir, si le point radieux s'approche davantage du point *F*, comme je l'ai observé dans l'explication des derniéres Expériences. Or l'image se peint par-tout où ces rayons se réunissent, & cela se peut prouver par le fait; il n'y a qu'à la recevoir sur un carton blanc exposé à cette distance.

Mais si l'on veut recevoir cette image immédiatement dans l'œil, ce n'est point en *E* qu'il le faut placer, c'est au-delà, à telle distance où les rayons croisés ayent repris le dégré de divergence nécessaire; c'est pour cela qu'une personne qui essaye de voir l'image de sa main entre elle & le miroir concave, ne l'apperçoit

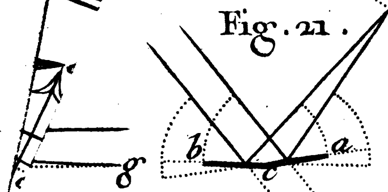
bien distinctement, qu'en écartant beaucoup sa tête de l'endroit où se fait la représentation, dans le cas où l'objet & son image se touchent. En pareilles circonstances, l'Expérience réussit mieux avec une épée nue qu'on porte en avant; & c'est encore par la même raison.

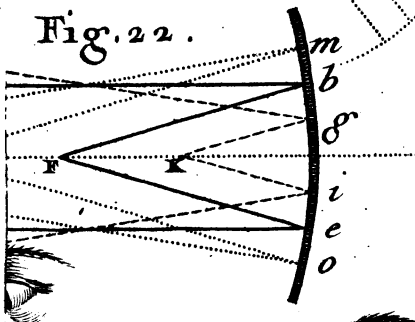
Toutes les fois que nous voyons ainsi l'image en deçà du miroir, elle est renversée; parce que les faisceaux de rayons qui partent des parties opposées de l'objet, ne peuvent plus converger à l'œil, qu'après s'être croisés entre l'objet & le miroir: c'est-à-dire, que d'un nombre infini de pareilles pyramides de lumiére qui procedent, par exemple, des points *A* & *B*, *Fig.* 24. & dont les unes se croisent à différentes distances, & d'autres ne se croisent point, l'œil, dans le cas dont il s'agit, ne peut plus recevoir en même-tems que de celles qui ont souffert cette croisure: or la pyramide incidente *AE*, portant après la réflection l'image du point *A* en *a*, où se réunissent ses propres rayons, & la pyramide *BG*, par une conséquence nécessaire, por-

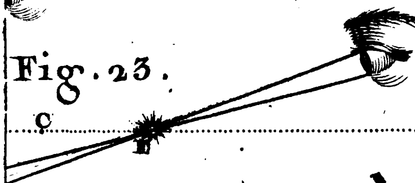
gnant *B* en *b*, l'image se trouve à contre-sens de l'objet, & l'œil placé au-delà, en la recevant, la voit dans cette situation.

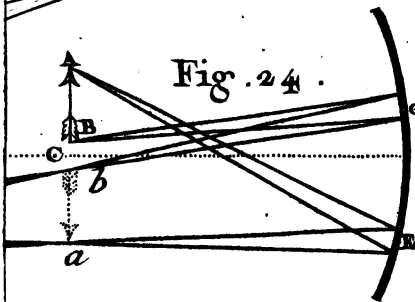
Soit que l'œil reçoive cette image par les rayons directs *a H*, *b H*, soit que placé du côté du miroir, il l'apperçoive par réflection sur un carton blanc, dans ce dernier cas comme dans le premier, elle est toujours renversée, parce que les rayons réfléchis du carton à l'œil ne se croisent point en chemin.

Nous avons remarqué précédemment, que le miroir convexe fait voir l'image plus petite, & plus près qu'elle ne paroît par un miroir plan: le miroir concave différe aussi de ce dernier, mais par des effets tout opposés; car lorsque l'image est vûe derriére la surface réfléchissante, elle en paroît plus éloignée que l'objet ne l'est par devant, & nous la voyons toujours amplifiée. La premiére de ces deux apparences, vient de ce que les rayons qui partent de chaque point de l'objet, perdent une partie de leur divergence par la réflection du miroir, comme on le peut


Fig. 21.
b
a
c
g


Fig. 22.
m
b
g
F
K
i
e
o


Fig. 23.
C


Fig. 24.
B
C
b
a
E

voir en comparant l'écartement que les rayons auroient à la distance *d*, *Fig.* 25, s'ils n'avoient pas rencontré le miroir, avec celui qu'ils ont dans l'œil après la réflection : ce qui fait que leur point de réunion *a*, où est l'image du point *A*, se trouve derriére la surface réfléchissante, bien plus éloigné que l'objet ne l'est par-devant, & il en est de même de tous les autres points à proportion ; ce qui rend la situation de l'image conforme à celle du corps qu'elle représente.

XV L 1 ç

Quant à la grandeur de l'image elle est augmentée, parce que, comme je l'ai observé plus haut, & prouvé par la IX. Expérience, des rayons qui sont un peu convergens dans leur incidence, le deviennent davantage étant réfléchis par un miroir concave ; ainsi les axes des deux pyramides *A e*, *B f*, lesquels par leur convergence naturelle tendent à se réunir en *d*, & feroient voir directement l'objet sous l'angle *A d B*, représentent son image sous l'angle *a D b*, qui est beaucoup plus grand, à cause de leur réflection par le miroir conca-

XVI. LEÇON.

ve, laquelle rapproche de beaucoup leur point de convergence.

Un miroir concave, qui a peu de courbure, rend assez fidélement la figure d'un petit objet ; mais il n'en est pas de même s'il est bien creux relativement à son diamétre, ou que l'objet soit grand. Car pour l'ordinaire, les dimensions de celui-ci n'étant point paralléles à la surface réfléchissante, & les points visibles se représentant à des distances proportionnées au dégré d'éloignement qu'ils ont devant le miroir, il est de toute nécessité, que l'image qui résulte de toutes ces représentations particuliéres, fasse voir dans des lignes courbes, ce qui se présente au miroir dans des lignes droites, ou, ce qui est la même chose, que la figure apparente ne soit pas conforme à la figure réelle de l'objet.

On fait des miroirs concaves de verre comme on en fait de convexes, en prenant un morceau de glace un peu épais, dont on laisse une des faces droite, & qu'on travaille de l'autre côté pour la rendre convexe ; on étame ensuite cette derniére surface,

en y appliquant une feuille d'étain avivée de mercure, comme on fait aux glaces ordinaires; cet enduit prenant une forme concave du côté du verre qui le reçoit, a toutes les propriétés des miroirs dont je viens de parler en dernier lieu; à cela près, que l'épaisseur du verre étant fort grande au milieu & bien moindre dans les autres endroits, cause du déchet à la lumiére & quelques irrégularités dans ses mouvemens.

On en fait de plus réguliers & de plus grands avec des morceaux de glaces arrondis circulairement, auxquels on fait prendre une forme convenable, en les mettant à plat sur un moule sphériquement concave, dans un four fait exprès, & que l'on chauffe jusqu'à ce que la glace amollie se soit exactement appliquée au creux préparé dessous pour la recevoir. Cet art a commencé en Angleterre: on me fit voir à Londres il y a trente ans, des glaces courbées de cette maniére, qui avoient deux pieds de diamétre; peu de temps après, on m'en fit de pareilles à notre Manufacture

XVI. LEÇON.

de ſaint Gobin (*a*) : on en courbe à préſent de plus grandes, tant en Angleterre qu'en France. M. de Buffon en montra une il y a quelque tems à l'Académie des Sciences, dont le diametre étoit de trois pieds, & qui avoit été préparée au Jardin Royal.

Ce qu'il y a de plus difficile dans la conſtruction de ces miroirs concaves que l'on fait avec des glaces, ſur-tout, lorſqu'ils ſont grands & d'une courbure un peu forte, c'eſt de mettre au teint la ſurface convexe, de maniére qu'il n'y ait point de taches, ni de fautes conſidérables : ce n'eſt point ici le lieu d'entrer ſur cela dans une explication détaillée : je dirai ſeulement en gros, comment s'y prennent les ouvriers Anglois, qui ont bien voulu m'en faire confidence ; car c'en étoit une alors.

On prend un grand morceau de treillis fort ou double autant qu'il

(*a*) Ces glaces furent courbées alors par M. de Bernieres, Contrôleur de la Manufacture : depuis ce tems-là, M. Romilly, qui a été Directeur de la même Manufacture, en a courbé de plus grandes.

en est besoin ; on l'arrondit & l'on en forme un grand cercle, qui doit avoir environ deux fois autant de diamétre que la glace qu'on veut étamer ; on fait tout autour un fort ourlet, & l'on y attache de deux pouces en deux pouces des cordons, par le moyen desquels on le tend médiocrement dans un chassis circulaire ou seulement octogone, placé horizontalement & soutenu à la hauteur ordinaire d'une table ; on étend sur ce treillis la feuille d'étain que l'on avive de mercure suivant la pratique usitée, & l'on pose dessus le côté convexe de la glace, laquelle faisant plier par son propre poids, ou par celui qu'on y ajoute, la toile & l'enduit dont elle est couverte, s'y applique exactement, & de maniére que l'air & ce qu'il y a de mercure de trop remonte de soi-même vers les bords à mesure que la glace s'enfonce (*a*).

(*a*) Depuis plusieurs années M. de Bernieres cité ci-dessus, met au teint toutes sortes de miroirs & de glaces, sans distinction de grandeur ni de figure, par le moyen d'un amalgame dont il s'est réservé le secret, en le déposant néanmoins au Greffe de l'Académie Royale

XVI. LEÇON.

Ces miroirs ont ſur ceux de métal deux avantages conſidérables ; ils réfléchiſſent plus de rayons de lumiére & ſont par-là capables de plus grands effets, tant pour former des foyers brûlans, que pour rendre vivement les images des objets : en ſecond lieu, ils conſervent mieux leur poli & le brillant de leur ſurface, ce qui n'oblige point à des réparations qui peuvent à la longue altérer la figure du miroir & la rendre irréguliére. Cette derniére conſidération avoit déterminé Newton à conſtruire avec du verre les miroirs de ſon téleſcope de réflection ; mais quelque peine qu'il prît pour en trouver & pour en faire goûter les moyens, les ouvriers ont trouvé tant de difficultés dans l'exécution, qu'ils y ont renoncé : toute leur application aujourd'hui eſt d'employer un métal aſſez ſerré pour recevoir un beau poli, & tellement compoſé, que ſa ſurface bien travaillée, ne ſe terniſſe qu'au bout d'un tems fort long.

des Sciences, afin que cette belle découverte ne courre point le riſque d'être perdue, s'il mouroit avant que de la révéler au public.

Les

Les grands miroirs de métal ont aussi sur ceux de verre quelques raisons de préférence ; ils sont moins casuels, & comme les deux surfaces peuvent se polir également, la même piéce fournit deux miroirs, l'un concave, l'autre convexe de la même grandeur.

Quand il ne s'agit que de rassembler les rayons solaires dans un petit espace, pour y faire naître un dégré de chaleur très-considérable, on peut former des miroirs concaves avec plusieurs petits miroirs plans ajustés dans un chassis & inclinés entr'eux d'une maniére convenable, comme je l'ai fait connoître dans la XIIIe Leçon : mais pour les effets d'optique dont nous avons fait mention en dernier lieu, il faut absolument une concavité égale & uniforme, que les parties qui la composent soient des facettes si petites, que l'œil ne puisse distinguer l'étendue de chacune d'elles, & que de l'une à l'autre l'inclinaison soit absolument insensible. Sans ces conditions, au lieu d'une seule image, il s'en forme autant qu'il y a de petits miroirs plans ; ou

XVI. LEÇON.

si chacun d'eux n'est point assez grand pour représenter l'image en entier ; il se fait autant d'images tronquées, qu'il y a de piéces au miroir.

En regardant le creux d'une cuillier neuve, l'intérieur d'une boîte de montre ou de quelque vaisseau de métal, dont la surface soit propre à réfléchir beaucoup de lumiére, si l'on apperçoit son visage renversé ou quelqu'autre des effets qui ont rapport à nos trois derniéres Expériences ; c'est que toutes ces surfaces réfléchissantes sont autant de miroirs concaves, irréguliers pour la plupart, mais qui ne laissent pas que de faire en gros, ce qu'une courbure plus conforme aux régles, produiroit avec exactitude.

REMARQUES

Sur les miroirs mixtes.

J'appelle *miroir mixte*, celui qui est droit dans un sens & courbe dans l'autre, soit que la courbure se présente par la convexité ou par la concavité : tels sont les miroirs coniques & ceux qui sont des parties de cylindres coupés parallélement à l'axe.

Ce sont des instrumens de pure curiosité, par le moyen desquels on forme des images qui rappellent à l'esprit un objet qu'on est surpris de ne pas trouver devant le miroir, ou par lesquels on rend méconnoissable dans sa représentation, un objet connu qui s'y trouve exposé. Tout le monde connoît ces cartons peints, sur lesquels on voit des figures qu'on a peine à deviner, & qui se reconnoissent, tout-d'un-coup & avec surprise quand on y applique le miroir qui leur convient; on sçait aussi, qu'en regardant son visage dans ces sortes de miroirs, on apperçoit ses traits dans un désordre fort étrange.

Pour se rendre raison de ces effets & de quelques autres que nous remarquerons encore, il faut considérer, que ces miroirs étant droits dans une de leurs dimensions, dans leur hauteur, par exemple, tout ce qui s'y passe de bas en haut, doit être tout-à-fait conforme à ce que nous avons enseigné, touchant les miroirs plans, que nous avons toujours représentés par des lignes droites, Ensuite, on doit faire attention,

XVI. Leçon. que toutes ces lignes droites qu'on peut concevoir de bas en haut, n'étant pas rangées dans un même plan, mais formant une ſurface courbe dans ſa largeur, tout ce qui ſe paſſe à l'égard de cette derniére dimenſion, doit s'expliquer comme les effets des miroirs concaves ou convexes, que nous avons repréſentés par des lignes circulaires.

Suppoſons donc premiérement, que *FG*, *Fig.* 26. ſoit le miroir cylindrique conſidéré ſuivant ſa hauteur ſeulement, & que *AE*, ſoit un objet diviſé en pluſieurs parties ſelon ſa longueur: puiſque *FG*, eſt un miroir droit, ou qu'on doit le regarder comme tel, les points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, de l'image, doivent être à pareilles diſtances les unes des autres, comme *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, le ſont dans l'objet, pour les raiſons que j'ai alléguées page 183., & que j'ai fait entendre par les *Fig.* 7, 8, & 9; c'eſt-à-dire, que ce que l'on voit dans un miroir cylindrique convexe ne change point de figure dans ſa hauteur, ou pour parler plus exactement, dans celle de ſes dimenſions, qui ſe pré-

fente perpendiculairement à la surface du miroir considérée de bas en haut.

Secondement, si l'on considere ce qui se passe dans la largeur *qty* du miroir, *Fig.* 27, on doit penser que les rayons incidens *Aq*, *Lr*, *Ms*, *Nt*, &c. étant réfléchis vers *Z* où est l'œil, font voir les parties du dessein *A*, *L*, *M*, *N*, &c. dans l'espace *af*, & qu'il doit arriver la même chose à tous les points visibles qui seront dans les autres lignes concentriques à la surface du miroir, *BQG*, *CRH*, &c. d'où il est aisé de comprendre, que si ces parties ainsi resserrées représentent au naturel l'objet dont elles forment l'image, il faut nécessairement que dans le dessein, elles soient étendues de maniére à rendre ce même objet méconnoissable, telle est une figure humaine qui ayant de la tête aux pieds la longueur *NS*, occupe en largeur l'espace *LNP*, ou quelque chose de plus.

Par une conséquence nécessaire, une figure bien proportionnée qui se présente devant un tel miroir, doit

XVI. LEÇON.

produire une image tout-à-fait difforme, puisqu'il est indispensable que l'une de ses dimensions se représente dans un espace beaucoup plus petit, que celui qu'elle occupe dans l'objet. Voilà pourquoi l'on se voit un visage écrasé avec une bouche extrêmement grande, quand on tient l'axe du miroir cylindrique parallélement à la position des deux yeux.

Si *FG*, *Fig.* 26. étoit un miroir plan d'une largeur sensible, tous les points *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, seroient vus infailliblement dans la ligne *ae*, c'est-à-dire, dans une position horizontale; le miroir étant élevé, comme on le suppose, verticalement : avec le miroir cylindrique, ce qui est dessiné par le carton placé horizontalement, paroît élevé à-peu-près comme *eg*; cela vient de ce que les pyramides de lumiére qui arrivent des parties *A*, *B*, *C*, *D*, *&c.* du dessein au miroir, y touchent non pas un seul point comme nous l'avons supposé, en ne faisant attention qu'aux axes de ces pyramides, mais un espace sensible qui doit être considéré comme un petit miroir convexe, puis-

qu'il est courbe suivant sa largeur. Or, tout miroir convexe, comme je l'ai fait voir, rapproche les images vers l'œil, en augmentant la divergence des rayons qui forment les pyramides de lumiére; ainsi le point *A* au lieu d'être vu en *a*, paroît en *g*, & ainsi des autres.

On peut encore remarquer dans l'usage du miroir cylindrique, que la dimension *ae* de l'image augmente, à mesure que l'œil s'éleve davantage au-dessus du carton sur lequel est dessinée la figure; c'est qu'alors l'angle visuel devient moins aigu, comme on le peut voir en supposant l'œil placé en *K*: & l'on sçait par ce que j'ai enseigné ailleurs, que la grandeur apparente de tout ce que nous voyons, se régle naturellement sur l'ouverture plus ou moins grande des angles visuels.

Le miroir conique est encore une combinaison du miroir droit avec le convexe: mais il s'y joint des circonstances qui rendent les effets très-différens de ceux du cylindre. Premiérement, comme toutes les lignes droites de la surface réfléchissante

XVI. LEÇON. sont inclinées entr'elles, & qu'elles ont un point commun de réunion au-dessus du plan qui porte la figure dessinée, le miroir placé au centre d'un carton circulaire, en peut faire voir toute l'étendue à quiconque met l'oeil directement & à une distance convenable au-dessus de la pointe du cône; car les rayons qui partent des points *A*, *B*, *C*, *Fig.* 28. après avoir touché le miroir en *g*, *h*, *i*, se réfléchissent vers le spectateur, & lui font voir les parties du dessein dans la base du cône. La même chose se passe dans la partie opposée à l'égard des points *D*, *E*, *F*; de sorte que tout ce qui est tracé dans un espace circulaire dont on ne voit ici que la moitié *ACGHFD*, se représente dans le cercle dont le diamétre est *cf*.

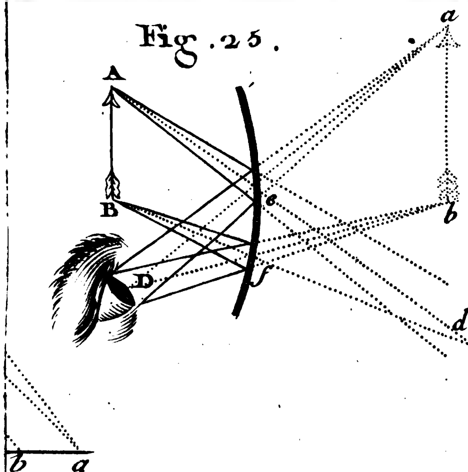
L'image par conséquent est beaucoup plus petite que l'objet, & bien plus près de l'oeil qu'elle ne seroit, si le miroir étoit purement droit. La surface du miroir conique étant comme celle du cylindre, composée dans son pourtour de lignes circulaires paralleles à la base, chaque endroit

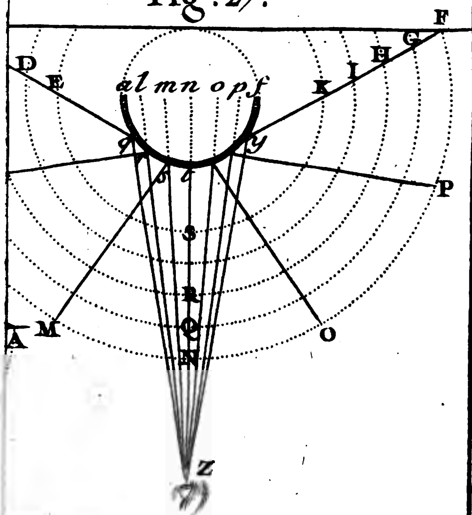
endroit ſur lequel tombe un faiſceau de rayons, le modifie comme un miroir convexe, dont la propriété eſt de diminuer la grandeur des images, & de les approcher de l'œil : & parce que deux miroirs plans inclinés l'un vers l'autre, comme les deux lignes *cg*, *fg*, feroient voir *a*, *b*, *c*, & *d*, *e*, *f*, dans un ordre directement opposé à celui des parties *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, de l'objet repréſenté, quand on regarde ſur la pointe d'un miroir conique, on doit s'attendre de trouver au centre de l'image ce qui eſt deſſiné dans la circonférence extérieure *AHD* du carton, & les extrêmités de cette même image compoſée des parties *C*, *G*, *F*, &c.

Mais ce que cette eſpéce de miroir a de particulier, c'eſt que ſa courbure va toujours en augmentant, depuis la baſe juſqu'au ſommet ; & c'eſt une ſeconde circonſtance qui mérite attention, parce qu'elle contribue plus que toute autre à rendre l'image différente de l'objet qui l'a fait naître. Les parties du deſſein ſe repréſentant à contre-ſens dans le miroir, celles qui ſont les plus éloignées l'une de l'autre ſur

XVI. LEÇON.

le carton sont les plus rapprochées dans la représentation : en un mot, tout ce que porte le cercle *AHD*, &c. se rassemble, pour ainsi dire, dans un point ; *BIE*, &c. est moins resserré, & *CGF*, &c. occupe la circonférence extérieure de l'image : on voit par-là, que si les parties de cette image se montrent dans un ordre, & avec des distances convenables, pour représenter un objet connu, il faut qu'elles ayent dans le dessein des positions contraires, & des disproportions de grandeur, d'où il résulte un tout qu'on ne reconnoît point ; & cet effet du miroir, qui rend à l'image ce que le dessein n'a pas, vient de ce que les parties les plus écartées *A*, *H*, *D*, tombent sur une zône du miroir où la courbure est la plus forte, & qui faisant l'office d'un miroir très-convexe, les resserre plus que les autres. Les décroissemens de cette courbure, depuis la pointe jusqu'à la base du cône, étant dans un rapport convenable avec la diminution des cercles concentriques, sur lesquels les différentes parties du dessein se trouvent placées, il arrive de-là que ces mêmes


Fig. 25.
A
B
D
e
f
a
b
d
b a


Fig. 27.
F
G
H
I
K
D
E
a l m n o p f
q
y
P
b
t
S
R
Q
N
M
A
O
Z

parties reçoivent dans l'image un arrangement régulier, & tel qu'il leur faut, pour repréſenter correctement un certain objet. XVI. LEÇON.

Par une ſuite néceſſaire de tout ce que je viens de dire touchant le miroir conique, les parties d'un objet ou d'un deſſein régulier doivent s'y repréſenter dans un ordre renverſé, & avec des diſproportions & de diſtances & de grandeurs qui le rendent tout-à-fait difforme. Un homme, par exemple, y voit ſon viſage avec une bouche qui fait tout le tour de l'image, tandis que les oreilles diminuées à l'excès, ſont adoſſées l'une à l'autre près du centre.

Les miroirs, tant cylindriques que coniques, ſont ordinairement convexes : on en pourroit faire de concaves, & on expliqueroit de même leurs effets, en démêlant ce qui dépend des propriétés du miroir droit, d'avec ce qui appartient au miroir ſphérique concave, dont nous avons parlé ci-deſſus : & en général, comme les miroirs mixtes ne peuvent être compoſés que de lignes droites dans un ſens, & de lignes courbes

XVI. LEÇON. dans l'autre ; quand bien même ces courbes ne feroient pas des arcs de cercle, en partant de ce premier principe, que *la lumiére se réfléchit faisant son angle de réflection égal à celui de son incidence*, on viendroit toujours à bout de voir l'influence, ou la part que ces courbes pourroient avoir dans l'effet total.

ARTICLE III.

De la lumiére réfractée, ou des principes de la Dioptrique.

La réfraction de la lumiére, comme je l'ai déja annoncé au commencement de l'Article précédent, est une déviation que ses rayons souffrent dans certains cas, en passant d'un milieu dans un autre. Les anciens ont remarqué cet effet ; mais ils ne l'ont point approfondi, parce qu'ils n'en sentoient pas l'importance, & parce qu'ils ne le pouvoient guéres avec les idées qu'ils s'étoient faites de la propagation de la lumiere & de la vision des objets. L'invention des lunettes à laquelle la théorie des réfractions nous auroit

conduits immanquablement, si le hazard n'eût été plus prompt à nous servir, fit connoître aux Mathématiciens, & sur-tout aux Astronomes; combien il étoit nécessaire d'étudier ce phénoméne, & d'en déterminer les loix : on peut dire que ce n'est que depuis cette époque qu'on s'y est appliqué avec un véritable succès. Snellius profitant & des expériences & des conjectures de Kepler, a fort avancé ces recherches; & Descartes y a mis, pour ainsi dire, la derniére main : Son Traité de Dioptrique est un chef-d'œuvre, eu égard au tems dans lequel il a paru.

La réfraction dont il s'agit ici ne s'observe que dans les milieux transparens, c'est-à-dire, dans ceux que la lumiére pénétre, en conservant l'action par laquelle elle se rend visible elle-même, & nous fait voir les autres corps; & comme il peut arriver qu'un rayon se divise après être entré, & que plusieurs de ses parties se jettent à droite ou à gauche sans aucun ordre, nous n'aurons égard qu'à celles qui demeureront unies, & qui auront conservé un mouvement

régulier dans le milieu réfringent.

XVI. LEÇON.

Je regarde les milieux transparens, solides ou fluides, comme des masses, dont les pores réguliérement alignés dans toutes sortes de directions, sont pleins de ce fluide subtil que nous avons nommé jusqu'à présent *matiére de la lumiére* ; lorsque de tels corps sont entiérement plongés dans d'autres milieux transparents comme eux, quoique de nature différente, je conçois que la lumiére extérieure animée par un astre, ou par quelque corps enflammé, communique son action à celle du dedans, qui la transmet à son tour jusqu'à la surface opposée, à peu près comme le son passe d'un côté à l'autre d'un bois, sans que l'air sonore qui est entre les arbres se déplace : ainsi je le répete encore, quand je dirai qu'un rayon *passe* de l'air dans l'eau, dans le verre, &c. qu'il *se plie*, qu'il *se détourne*, qu'il *se réfracte*, qu'il *s'approche*, qu'il *s'éloigne*, tout cela doit s'entendre, non d'une translation réelle de la matiére même de la lumiére, mais du progrès de son action, ou de ses changemens de directions.

La lumiére se réfracte dans ces deux circonstances réunies ; sçavoir, quand elle passe d'un milieu dans un autre plus ou moins dense, & que sa direction est oblique au plan qui sépare les deux milieux ; c'est-à-dire, qu'avec quelque direction que ce fût, le rayon de lumiére ne souffriroit aucune réfraction, si, sortant de l'air, par exemple, il entroit dans une matiére diaphane qui ne fût, ni moins, ni plus pénétrable pour lui que ce fluide ; & que quand bien même il y auroit une différence de pénétrabilité entre les deux milieux, le rayon de lumiére les traverseroit en droite ligne, si lorsqu'il sort de l'un il tomboit perpendiculairement sur la surface de l'autre ; on remarquera que la lumiére a cela de commun avec tous les corps, si l'on se rappelle ce que j'ai enseigné touchant la réfraction * en général, en traitant des loix du mouvement.

* *III. Leçon. Tom. I. pag. 262. & suiv.*

On ne sçait pas bien encore quelle est la vraie cause de la réfraction de la lumiére : les Physiciens sont fort partagés sur cette question ; mais on en connoît assez bien les loix, &

XVI. LEÇON. c'est ce qu'il nous importe le plus d'apprendre, parce que ce sont des faits qui servent de fondement à la Dioptrique, & d'où dérivent toutes les explications dont nous aurons besoin dans cette partie. L'Expérience suivante nous les mettra sous les yeux.

I. EXPÉRIENCE.

Preparation.

Il faut avoir une platine quarrée de bois ou de métal bien dressée, peinte en blanc, & de telle grandeur qu'on puisse y tracer en noir un cercle de 20 pouces de diamétre, ou environ, avec les lignes & les divisions qu'on voit dans la *Fig.* 1. Il faut de plus, qu'il y ait aux quatre angles des vis à oreilles qui en traversent l'épaisseur, & par le moyen desquelles on puisse l'affermir, & la mettre de niveau sur une table en forme de guéridon, qui se hausse & se baisse à volonté, & qui tourne horisontalement sur un pivot, *Fig.* 2.

On place cet appareil dans une chambre obscure, où, par le moyen d'un miroir plan de métal, placé en

dehors de la fenêtre, on fait entrer avec une direction horisontale, des rayons solaires par une ouverture de trois pouces de haut, sur un de large, pratiquée au volet.

Cette lumiére est reçue d'abord sur une platine verticale de cuivre mince, placée à la circonférence du grand cercle, & qui a une ouverture un peu moins longue & moins large que celle du volet, pour diminuer un peu le jet de lumiére. Cette platine est représentée séparément par la *Fig.* 3.

Comme la table, avec tout ce qu'elle porte, peut se mouvoir en tournant horisontalement, & que la platine verticale change de place, autant qu'on le veut, sur la circonférence du cercle, il est aisé de conduire le jet de lumiére successivement par tous les rayons du quart de cercle *OCP*.

f g h, *Fig.* 4. est une caisse longue de 10 pouces, & qui en a 4, tant en hauteur qu'en largeur ; elle est entiérement ouverte par en haut : ses quatre côtés sont faits avec des lames de cuivre ; & le fond est une

XVI. LEÇON.

glace transparente qui tient avec du mastic. Au tiers de sa longueur, le côté *g h* a une ouverture tout-à-fait semblable à celle de la platine verticale ; & afin que la caisse puisse contenir de l'eau, cette ouverture est couverte d'un morceau de verre mince attaché avec du ciment.

Enfin, la *Fig.* 5. représente un quarré de crystal très-pur & sans bouillon, dont les côtés bien plans & bien paralleles entr'eux ont chacun 3 pouces de long, & l'épaisseur du morceau est d'environ deux pouces.

Ces deux dernières piéces se placent l'une après l'autre dans le demi-cercle *Cp R*, de maniére que le côté *gh* soit sur la ligne *O R*, & que la ligne *i k* tombe directement sur le point *C*. Quand on se sert de la caisse, on l'emplit d'eau bien claire jusqu'à la moitié de sa hauteur, & l'on regarde perpendiculairement pardessus, pour reconnoître l'endroit où répond le rayon de lumiére sur le quart de cercle *CpR*.

Effets.

1°. Si le jet de lumiére dirigé

comme *A C* rencontre l'ouverture *i k* de la caiſſe, il ſe diviſe en deux parties, dont l'une paſſe au-deſſus de la ſurface de l'eau, & arrive en *B*, en ſuivant ſa premiére direction; l'autre ſe plonge dans l'eau, & s'incline en entrant vers la ligne *Cp*, qui eſt perpendiculaire au côté *g h*.

2°. On voit arriver le même effet, lorſque le rayon tombe moins obliquement ſur *g h*, comme par les lignes *D C*, *E C*, à cela près qu'il eſt moins grand; c'eſt-à-dire, que le rayon rompu paroît moins écarté de ſa premiére direction: & ce même effet devient abſolument nul, quand le rayon tombe perpendiculairement, comme *P C*; car alors le jet de lumiére ne ſe diviſe plus; la partie qui paſſe dans l'air, comme celle qui traverſe l'eau, ſuivent également la direction *Cp*.

3°. Les choſes ſe paſſent de même, quand on ſubſtitue le quarré de verre à la caiſſe qui contient de l'eau; ce qu'on remarque de plus, c'eſt que la réfraction que ſouffre la lumiére en entrant dans le verre, eſt plus forte dans tous les cas où elle a lieu, que dans l'eau pure.

XVI. LEÇON.

4°. Mais quoique la réfraction soit moins grande, à mesure que le rayon incident devient moins oblique à la surface du milieu réfringent, on trouve toujours un rapport constant entre l'angle *a Cp* & celui d'incidence *A CP*. Ce rapport se connoît par la comparaison des lignes *a d* & *Ae*, qui sont les sinus des angles de réfraction & d'incidence, & que l'on peut voir à travers de l'eau & de la glace qui fait le fond de la caisse. L'expérience montre que la premiére est à la seconde dans la proportion de 3 à 4, quand le milieu réfringent est de l'eau commune, & à-peu-près comme 2 à 3 quand c'est du verre, & que dans l'un ou l'autre cas le rayon incident vient de l'air (*a*).

5°. Un rayon réfracté en *a* ou en tout autre endroit, & renvoyé en *C* par un miroir plan ou par quelqu'autre moyen, ne continue point

(*a*) Il ne faut prendre ces proportions que comme des à peu-près : je les donnerai d'une maniére plus exacte, quand je parlerai de la décomposition de la lumiére & des différens dégrés de réfrangibilité de ses rayons.

cette route en ligne droite ; mais il s'écarte de la perpendiculaire *P C*, & retourne précisément en *A*, d'où il étoit parti d'abord : ce qui a lieu dans tous les cas.

Loix de la réfraction de la lumiére,

Nous pouvons déduire des résultats de notre Expérience, les propositions suivantes, que nous regarderons dorénavant comme des loix ou comme des points fixes, sur lesquels nous appuyerons tout ce que nous avons à dire touchant les effets de la lumiére réfractée.

I. LOI. Les rayons de la lumiére se réfractent toujours, lorsqu'ils passent obliquement d'un milieu dans un autre, qui est d'une densité ou d'une nature différente.

II. LOI. Quand la lumiére se réfracte en passant d'un milieu rare dans un milieu plus dense (*a*), l'angle de

(*a*) Cette Loi souffre des exceptions. La plûpart des matiéres grasses ou sulfureuses qui sont transparentes, réfractent la lumiére plus fortement qu'on ne devroit s'y attendre, si l'on n'avoit égard qu'à leur densité. Il y a en elles deux causes de réfraction, l'une qui tient à leur densité, l'autre qui dépend de leur na-

réfraction est plus petit que l'angle d'incidence, & réciproquement, &c.

III. Loi. Quoique la réfraction de la lumiére devienne plus ou moins grande, soit par le dégré d'obliquité de l'incidence du rayon, soit par la nature du milieu réfringent, les sinus des deux angles, de réfraction & d'incidence, demeurent toujours en rapport constant.

IV. Loi. La réfraction, non plus que la réflection, n'altére pas sensiblement l'activité de la lumiére, puisqu'un rayon réfracté qu'on oblige à retourner sur lui-même, reprend, en sortant du milieu réfringent, la di-

ture particuliére : celle-ci peut suppléer d'une maniére surabondante à ce que l'autre ne peut pas faire, ou produire une juste compensation; de-là il peut arriver que la lumiére, en passant d'un milieu rare dans un milieu plus dense, fasse son angle de réfraction plus grand que celui de son incidence, ou qu'elle les fasse tous deux égaux; c'est-à-dire, qu'elle ne se réfracte point : on pourroit même en citer des exemples, ce qui est contraire à la loi générale; mais comme cette loi est vraie dans les cas les plus ordinaires, & sur-tout pour les corps dans lesquels il nous importe le plus de suivre les mouvemens de la lumiére, nous regarderons toujours la proposition générale comme un principe de Dioptrique.

rection qu'il avoit dans son incidence, comme on l'a vû par le 5e. résultat, & comme on peut s'en assurer encore davantage, en multipliant cette épreuve sur le même rayon.

V. LOI. Le rayon réfracté & le rayon incident se trouvent toujours dans un même plan, lequel est perpendiculaire à la surface du milieu réfringent.

EXPLICATION.

En regardant les résultats qu'on vient de voir comme des Loix ou comme des principes tirés immédiatement de l'Expérience, je pourrois me dispenser d'en chercher les raisons, sans que cela fît tort aux vérités que j'ai dessein d'en déduire : mais pour satisfaire le Lecteur curieux de sçavoir ce que l'on a pensé à ce sujet, plutôt que par l'espérance de l'éclairer à fond, je crois devoir rapporter en gros les opinions des plus habiles Physiciens de partis opposés.

Descartes considérant que la réfraction de la lumiére se fait communément en sens contraire de celle

XVI. LEÇON. des autres corps, & sçachant, à n'en pas douter, qu'une balle de mousquet lancée obliquement de l'air dans l'eau, ne fait son angle de réfraction plus grand que celui de son incidence, que parce qu'à la superficie du milieu le plus dense son mouvement de haut en bas est plus retardé, que celui qu'elle a pour s'avancer parallélement à cette même surface, fit ce raisonnement: « Puisqu'une balle de métal ou tout » autre corps semblable venant en C » *Fig.* 6. se réfracte en s'approchant » de *Cd*, parce que l'eau dans la» quelle elle entre résiste plus que » l'air d'où elle sort, au mouve» ment qu'elle a pour descendre; un » rayon de lumiére qui dans les mê» mes circonstances se plie vers *CP*, » doit nous porter à croire, que » l'eau lui fait moins de résistance » que l'air ». Ce Philosophe voyant encore, que la réfraction de la lumiére étoit plus grande dans le verre que dans l'eau, conclut tout de suite & en général, que plus la densité des corps transparens étoit grande, plus la lumiére y exerçoit ses mouvemens

mens avec liberté ; en quoi, sans doute, il se pressa un peu trop, ne prévoyant pas les exceptions qui se sont trouvées depuis, & dont j'ai fait mention dans la derniére note.

Cette supposition, toute conséquente qu'elle étoit, révolta dès-lors bien des esprits ; & encore aujourd'hui, il y a peu de personnes qui ne sentent de la répugnance à l'admettre, parce que ne connoissant pas l'état intérieur des corps diaphanes, ni de quelle maniére au juste ils reçoivent & transmettent l'action de la lumiére, on raisonne d'après des exemples & des comparaisons pleines de disparités ; car aucun autre fluide n'est comparable à la lumiére, & la transparence des corps à travers lesquels elle passe, est tout-à-fait différente de ce qu'on nomme *perméabilité* dans ceux qui sont opaques.

Voici, selon moi, ce que cette opinion a de plus fort contr'elle, c'est le préjugé où l'on est, qu'un corps ne peut jamais offrir des passages plus libres à une matiére étrangére, quand les vuides qui sont entre ses parties

XVI. LEÇON. propres, décroissent de nombre ou de grandeur, comme il arrive dans le cas d'une plus grande densité.

Mais ce préjugé, quelque puissant qu'il soit, peut-il tenir contre des faits évidens ? N'est-il pas démontré que l'action de la lumiére sortant de l'air s'accélere en pénétrant dans l'eau, quand on voit qu'elle n'employe pour passer de *C* en *a*, que le tems qu'elle eût mis à parcourir *C B*, si elle eût continué de traverser de l'air ? D'ailleurs une plus grande transparence, n'est-elle pas le signe infaillible d'une plus grande perméabilité, par rapport à la lumiére ? Dans nombre d'occasions cependant, nous voyons qu'un corps, pour être plus dense qu'un autre, n'en est pas moins propre à laisser passer la lumiére ; il n'y a qu'à comparer à cet égard un diamant d'une belle eau, avec un morceau de verre de même épaisseur ; on verra sûrement que celui-ci, quoique plus poreux, puisqu'il est spécifiquement plus léger, n'est jamais d'une transparence aussi parfaite.

Mais pourquoi l'eau plus dense

que l'air eſt-elle plus perméable à la lumiére ? XVI. LEÇON.

Deſcartes répond, c'eſt qu'une maſſe d'air eſt compoſée de parties rameuſes, moins propres à laiſſer entre elles des paſſages en droites lignes, que celles de l'eau qui ont des ſurfaces liſſes & une figure avec laquelle elles s'arrangent de telle ſorte, qu'il en réſulte une poroſité convenable à la propagation de la lumiére.

Cette réponſe ne peut être reçue que comme une conjecture, encore n'eſt-elle pas des plus heureuſes ; le Philoſophe de qui nous la tenons ne l'auroit peut-être pas hazardée, s'il avoit ſçu que la plûpart des huiles, moins denſes que l'eau, réfractent cependant plus fortement qu'elle la lumiére qui ſort de l'air ; car ſuivant ſes propres idées, nous devons croire que toutes les matiéres graſſes ont des parties branchues ; ce qui met en droit de dire, ou que le mouvement de la lumiére ne s'accélere point dans l'eau, par la raiſon que les parties de ce liquide ne ſont point rameuſes comme celles

XVI. LEÇON.

de l'air, ou que les corps gras qui réfractent la lumiére autant ou plus que l'eau, n'ont pas, comme on le suppose, des parties moins lisses & moins dégagées que les siennes.

Les Physiciens attachés au principe des attractions reconnoissant avec les Cartésiens, que le mouvement de la lumiére est accéléré, lorsqu'elle passe de l'air dans l'eau, répondent tout autrement qu'eux, quand on leur demande quelle est la cause de cette accélération ; ils attribuent cet effet à la vertu attractive de l'eau, laquelle, plus puissante que celle de l'air, oblige l'extrêmité *C* du rayon incident à s'incliner un peu plus qu'il ne l'est par sa direction naturelle, & à tendre au point *a*, au lieu de continuer en droite ligne vers *B*. Et comme l'attraction est une puissance qui augmente comme la densité des corps où elle réside, & à mesure que la distance diminue entre ce corps & celui qui est attiré, il suit premiérement, que du verre doit accélérer plus que l'eau, le mouvement de la lumiére qui vient de l'air, comme

l'expérience le montre ; ſecondement, que le rayon incident doit augmenter de vîteſſe, à meſure qu'il approche davantage du milieu réfringent le plus denſe ; ce qui doit lui faire prendre de l'accélération, & une petite courbure, qu'on ne voit pas, mais qu'il faut ſuppoſer, quand on raiſonne ſuivant ces principes.

Si quelqu'un a pris ſon parti ſur cette matiére de philoſopher, & qu'il ait une fois pour toutes admis des vertus attractives & répulſives dans la matiére, je ne lui conſeillerai pas de changer d'avis dans cette occaſion : j'avoue que les Newtoniens ſe tirent aſſez adroitement d'affaire, lorſqu'il s'agit de rendre raiſon des différens effets qu'on remarque dans les réfractions de la lumiére ; mais ſi l'on eſt impartial, on m'accordera que ce n'eſt pas ſans peine : le Lecteur en jugera par ce qui ſuit.

Newton a trouvé par expérience un certain nombre de corps, tant ſolides que liquides, leſquels avec moins de denſité que l'eau & le verre, réfractent autant ou plus qu'eux, la lumiére qu'ils reçoivent de l'air. En un

XVI. LEÇON.

mot, il a reconnu que l'accélération de la lumiére qui pénétre dans ces substances, est plus grande qu'elle ne doit être eu égard à leur seule densité : que dire à cela, quand on a commencé par attribuer l'accélération du rayon réfracté à l'attraction du milieu réfringent, & que l'on a donné la densité pour la mesure de cette vertu ? Le cas est embarrassant pour un Physicien qui a pris pour régle d'être sobre en suppositions ; voici la solution qu'on donne de cette difficulté : Dans les corps dont il s'agit, il y a, dit-on, deux sortes de pouvoirs attractifs : l'un tient à la densité, l'autre est un être inconnu qui est attaché à la nature particuliére de chacune de ces substances. Probablement vous ne le connoîtrez jamais, que par le nom générique qu'on lui donne & par les fonctions qu'on lui attribue ; mais vous serez dédommagé de ce qu'on vous laisse à désirer à cet égard, pour peu que vous ayez du goût pour les calculs ; car on vous dira à point nommé, combien il influe dans telle ou telle réfraction.

Ce qui résulte de tout cela, c'est que les Newtoniens & les Cartésiens sont d'accord sur ce point, que la lumiére reçoit une accélération de vîtesse en passant de l'air dans l'eau, dans le verre & dans quantité d'autres milieux plus denses, & que sur la cause de cette accélération, ils ne nous éclairent guéres plus les uns que les autres. Car alléguer l'attraction comme font les premiers, c'est user d'un principe dont bien des gens ne veulent point, & qui a besoin de supplément dans plusieurs cas ; dire avec les autres, que la lumiére s'accélere, parce qu'elle passe plus librement, c'est presque donner pour raison, le fait même qu'il s'agit d'expliquer.

Il me semble pourtant qu'on a tort d'objecter à ceux-ci, qu'un passage plus libre dans l'eau, dans le verre, &c. quand il seroit démontré d'ailleurs, ne suffiroit pas pour rendre raison du mouvement accéléré de la lumiére ; il faut se mettre dans la position d'un Cartésien qui ne regarde pas le trajet de la lumiére comme un mouvement de translation, mais seulement comme le

XVI. LEÇON.

transport d'une action qui s'imprime & s'entretient par celle du corps lumineux d'où procéde le rayon. Or, je pense que dans un jet de lumiére ainsi considéré, qui enfile différens milieux, dont les uns sont plus propres que les autres à conserver l'activité de son mouvement, l'action qui se transmet d'un bout à l'autre peut être plus prompte dans les endroits où elle trouve moins d'obstacles qui la ralentissent.

Un Auteur de ces derniers tems a prétendu expliquer la cause des réfractions de la lumiére, en disant que les rayons incidens se réfléchissent en entrant obliquement dans les pores du milieu réfringent : quoique cette opinion ait un air assez naturel, il n'est pas possible de la faire valoir, si l'on ne montre auparavant, que les angles de ces prétendues réflections, sont égaux à ceux des incidences dans tous les cas, où il y a ce que l'on nomme *réfraction* : & pour celà, il faut avoir recours à des hypothèses qu'on auroit peine à faire goûter, comme de supposer une certaine direction dans la plûpart

plûpart des pores des corps transparens ; tandis que les plus fortes raisons nous portent à croire, que ces pores sont alignés dans toutes sortes de sens : ou de dire qu'il y a plus de lumiére réfléchie par les pores obliques, qu'il n'en entre dans ceux qui reçoivent directement les rayons incidens, ce qui ne seroit pas naturel à penser.

APPLICATIONS.

Un des effets de la réfraction qu'on remarque le plus, & dont on est toujours surpris quand on en ignore la cause, c'est l'inflexion apparente d'un bâton que l'on plonge obliquement dans l'eau ; tout le monde sçait qu'au lieu de paroître droit, il semble brisé au point *C*, *Fig.* 7. & former l'angle *ACb*. Si l'on veut comprendre comment cela se fait, il faut considérer, que chaque point éclairé de la partie plongée du bâton devient visible par un faisceau de lumiére qui passe obliquement de l'eau dans l'air, où l'on suppose que l'œil est placé : or ce jet de lumiére passant ainsi d'un milieu dense dans un autre qui l'est moins,

XVI. LEÇON. doit se réfracter dans celui-ci, en s'écartant de la perpendiculaire *P D*: ainsi l'oeil apperçoit le point *B*, par la pyramide de lumiére *D E*, dont les rayons convergent en *b*, qui devient par-là le lieu apparent de l'objet. Si vous faites le même raisonnement pour tous les points visibles *F*, *G*, *H*, &c. vous trouverez que leurs images doivent être dans la ligne *b C*, laquelle fait un angle avec la partie du bâton qui est hors de l'eau.

On explique de même, comment une piéce d'argent placée au fond d'un vaisseau qui n'est pas de matiére transparente, devient visible à l'oeil qui ne pouvoit pas l'appercevoir, lorsqu'on la couvre d'une masse d'eau d'une certaine épaisseur; car on voit que le rayon *R S* qui passeroit au-dessus de l'oeil, s'il n'y avoit pas de réfraction, venant à s'écarter de la perpendiculaire *P S*, lorsqu'il passe de l'eau dans l'air, se dirige vers *T*, & fait voir l'image de la piece en *r*, comme si l'objet s'étoit élevé.

Nous voyons donc au-dessus de son vrai lieu tout ce que nous ap-

percevons dans l'eau par des rayons obliques ; & c'est à quoi l'on doit faire attention, lorsqu'on tire sur le poisson d'un étang : on le manqueroit certainement, si l'on tiroit à l'endroit où on le voit, pour deux raisons ; 1°. parce qu'il est plus bas que le lieu où il paroît être ; 2°. parce que la balle souffrant une réfraction en sens contraire de celle de la lumiere, s'éleve nécessairement au-dessus de la direction qu'on a intention de lui donner.

Comme, étant placés dans l'air, nous appercevons dans l'eau des objets que les bords du bassin nous cacheroient, si la lumiére qui en vient ne souffroit pas de réfraction, en passant de l'un de ces milieux dans l'autre, réciproquement les animaux qui, étant sous l'eau, regardent dans l'air, par des rayons obliques, découvrent ce qui ne seroit pas à la portée de leurs yeux, s'ils ne devoient voir que par des rayons directs. L'œil placé en *R* apperçoit ce qui est en *T*, comme lorsqu'il est en *T*, il voit ce qui est en *R* ; mais au lieu de le rapporter à sa vraie place, il le juge en *t*.

XVI. LEÇON, Cette derniére remarque est d'une grande conséquence pour l'Astronomie. Il suit de-là que nous voyons les astres sur l'horison le matin & le soir, quelque tems avant qu'ils y soient arrivés, & après qu'ils sont descendus au-dessous; car l'atmosphére terrestre étant un milieu plus dense que celui par lequel passe la lumiére des astres, avant que d'y arriver, le rayon qui part de l'étoile *S*, *Fig.* 8, lorsqu'elle est encore au-dessous de l'horison *H h*, ce rayon, dis-je, qui passeroit en droite ligne vers *V*, venant à se réfracter en *c*, en s'approchant de la perpendiculaire *pp*, parvient à l'œil du spectateur qu'on suppose en *t*, & lui fait voir l'étoile, comme si elle étoit en *s* au-dessus de l'horison.

Après le lever de l'astre, son lieu apparent différe encore de son lieu réel, par la même raison : mais à mesure qu'il s'éleve, cet effet va toujours en diminuant; parce que l'incidence de ses rayons *R r X x*, devenant de moins en moins oblique à la surface de l'atmosphére terrestre, la réfraction devient moins grande

à proportion, jusqu'à ce qu'enfin l'astre étant parvenu au Zénith, ou à une hauteur qui en approche, ses rayons, comme *Z z*, tombent directement, ou à peu-près, & le représentent au vrai lieu où il est.

Ce que je viens de dire, comme en passant, des réfractions astronomiques, suppose que l'atmosphére terrestre est un milieu plus réfringent, ou plus dense que celui qui remplit l'espace immense des cieux; & c'est un fait dont on est assuré: premiérement, par l'apparition des astres, qui précéde constamment le matin celle qu'un calcul exact nous annonce, lorsqu'on n'a égard qu'à la durée de leur révolution. Secondement, par des Expériences immédiates que d'habiles Physiciens ont faites en différens temps & en différents lieux (*a*), & par lesquelles ils ont tâché de déterminer le rapport des sinus des angles d'incidence & de réfraction *totale*,

(*a*) On peut consulter sur cela les Transact. Philosoph. de Londres, N°. 257. & les Exp. Physico-méchaniques de Hauxbée, traduites en François; à Paris chez Cavelier. *tome*. 1. *pag.* 106. *& suiv.*

XVI. LEÇON.

par les rayons de lumiére qui passent de l'éther dans toute l'épaisseur de l'atmosphére terrestre.

Je dis la réfraction totale, parce que le rayon réfracté par l'air de l'atmosphére ne suit pas une seule ligne droite, comme il arrive dans un milieu réfringent d'une densité uniforme: l'air étant plus dense & plus chargé de vapeurs dans les couches de l'atmosphére qui approchent le plus de la surface de la terre, on doit considérer, que son pouvoir réfractif va toujours en croissant dans le même sens: ce qui fait que le rayon qui commence à se réfracter en *a*, *Fig.* 8. s'incline davantage en *b*, & encore plus en *c*; au lieu de distinguer seulement trois couches dans l'atmosphére, si l'on fait attention qu'il y en a une infinité, & que leurs densités augmentent insensiblement, à commencer du point *a*, on comprendra d'abord que le rayon réfracté doit suivre une courbe continue, & faire voir l'astre d'où il procéde, dans la tangente *t d*.

Et comme on s'est encore assûré par des expériences réitérées avec

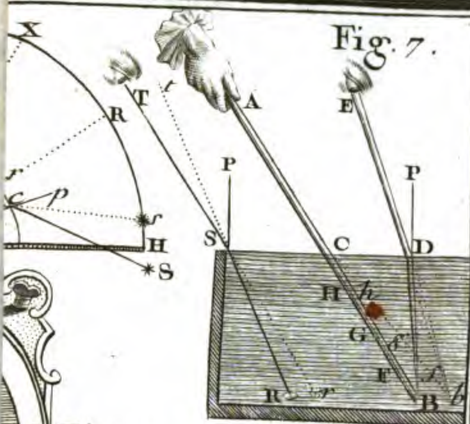
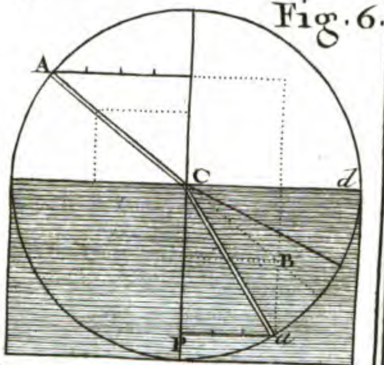
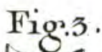
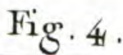

Fig. 7.
X
T
t
A
E
R
P
P
p
s
S
C
D
H
S
H
h
G
g
F
f
R
r
B
b

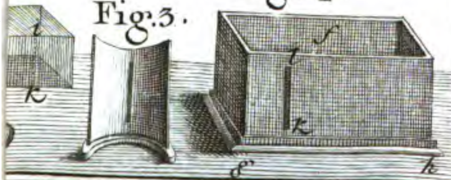

Fig. 1.


Fig. 6.
A
C
d
B
P
a


5.


Fig. 3.


Fig. 4.


i
k
f
l
k
g
h

ſoin que la réfraction de la lumiére qui entre du vuide dans l'air, devient plus grande, à meſure qu'on augmente la denſité de ce fluide, ſoit en le comprimant, ſoit en le réfroidiſſant, c'eſt une conſéquence néceſſaire, que les objets qu'on voit ainſi à travers l'atmoſphére, quoiqu'à des hauteurs données, ne paroiſſent pas toujours également déplacés de leur vrai lieu; puiſque la température de l'air, ſon poids & la quantité de vapeurs dont il eſt chargé, varient, non-ſeulement ſelon les climats & les ſaiſons, mais encore par une infinité de cauſes accidentelles.

Ces variations de denſité dans certaines parties de l'atmoſphére, influent tellement ſur la réfraction de la lumiére, que d'habiles Phyſiciens nous aſsûrent avoir trouvé, tantôt plus, tantôt moins grande la hauteur des mêmes édifices qu'ils avoient meſurés géométriquement d'une diſtance un peu grande. De pareils avis joints à la certitude que l'on a de la poſſibilité des effets, font qu'un Aſtronome circonſpect ne ſe repoſe point avec une entiére confiance ſur l'exactitude de

XVI. LEÇON.

ſes tables de réfractions, & inſpirent une défiance raiſonnable à quiconque eſt obligé de compter ſur la rectitude parfaite d'un rayon de lumiére, qui traverſe une grande épaiſſeur d'air.

En regardant le Soleil ou la pleine Lune près de l'horiſon, ſi vous remarquez que ſon diſque eſt d'une figure ovale, vous pouvez obſerver en même-temps, que le diamétre le plus court eſt celui qui eſt vertical; & vous appercevrez la raiſon de cet effet, ſi vous conſidérez premiérement, que la réfraction fait paroître toutes les parties de l'aſtre plus élevées qu'elles ne le ſont réellement; en ſecond lieu, que cette élévation apparente eſt d'autant plus grande, que l'objet eſt plus près de l'horiſon : car, de ces deux effets il réſulte clairement, que le bord inférieur du diſque lumineux, doit paroître rapproché du bord ſupérieur, ce qui change ſa figure ronde en ovale. Si vous y preniez garde, vous verriez auſſi, & par la même raiſon, que la diſtance reſpective de deux étoiles, dont l'une eſt au-deſſus de l'autre,

paroît plus petite peu après leur lever, que quand elles approchent du Méridien, & vers le Zénith.

Un phénoméne qui arrive quelquefois, & qui a bien intrigué les anciens Astronomes, parce qu'ils ne connoissoient point assez les effets de la lumiére réfractée par l'atmosphére terrestre, c'est de voir la Lune se lever totalement éclipsée, tandis que le Soleil se voit encore tout entier dans la partie opposée de l'horison. Ceux qui sçavent qu'une éclipse de Lune se fait par l'interposition de la terre entre le Soleil & elle, sont surpris de voir qu'elle manque de lumiére en présence, & vis-à-vis de l'astre qui a coutume de lui en donner : c'est que dans le cas dont il s'agit, ce n'est point elle-même qui se montre sur l'horison, ce n'est que son spectre élevé par l'effet de la réfraction, comme l'étoile *S* de la *Fig.* 8.

Mais, dira-t-on, comment un astre éclipsé peut-il se faire voir ainsi, s'il n'a plus de lumiére?

Il faut se rappeller ici, que la Lune, dans les temps de ses éclipses, n'est jamais totalement privée de lu-

XVI. LEÇON.

miére; elle est toujours très-visible, sous une couleur de fer rouge qui commence à s'éteindre : c'est encore un effet sur lequel les Anciens ont mal raisonné, ne connoissant pas assez le pouvoir réfractif de l'atmosphére terrestre, & que je trouve très-bien expliqué dans l'Optique de M. Shmith. « C'est, dit-il, une partie » des rayons solaires qui embrassent » la terre, & qui s'étant réfractés dans » l'atmosphére de cette planéte, vont » se croiser dans son ombre, & illu- » miner foiblement la Lune qui s'y » trouve plongée ».

Les effets dont je viens de faire mention, nous apprennent déja, que la réfraction de la lumiere change souvent la position, ou le lieu de l'objet, en nous le faisant voir où il n'est pas, nous verrons aussi que la même cause influe sur la figure, la grandeur, la distance & la situation; mais comme toutes ces apparences dépendent de la position respective des rayons qui tracent les images au fond de l'oeil, il est à propos, avant que d'entrer dans ce détail, de faire voir par des faits simples, comment

des rayons réfractés s'arrangent entre eux, étant données leurs incidences, & la figure des surfaces réfringentes. XVI. LEÇON.

Quand deux milieux se touchent, la surface du plus dense ne peut être que plane, convexe ou concave; & les rayons incidens qui viennent plusieurs ensemble pour la traverser, sont, ou paralleles entr'eux, ou convergens, ou divergens. Je vais examiner ce qui arrive dans ces différens cas; & comme j'ai lieu de croire, après ce qui a été dit & répété jusqu'ici, que le Lecteur comprend suffisamment, qu'un jet de lumiére de la grosseur du doigt, par exemple, est un faisceau de rayons qui peuvent s'écarter davantage, ou se rapprocher les uns des autres, pour former un cylindre, ou une pyramide, au lieu d'employer comme j'ai fait au commencement de la Catoptrique, deux jets séparés l'un de l'autre, le plus souvent je n'en mettrai qu'un en expérience, & je ferai juger du parallélisme, de la divergence ou de la convergence de ses parties, par la figure cylindrique ou pyramidale qu'il recevra. Quant aux surfaces

XVI. LEÇON.

concaves ou convexes des milieux, je ne parlerai que de celles qui sont sphériques, parce qu'elles sont le plus en usage dans la construction des instrumens de Dioptrique, & que d'ailleurs, si l'on entend bien leurs effets ; il sera aisé d'appliquer les mêmes principes, pour expliquer ou prévoir ce qui arrive avec toute autre courbure.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence, passent obliquement d'un milieu rare dans un plus dense qui soit terminé par une surface plane.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Par le moyen d'un miroir plan de métal placé en dehors de la fenêtre, on introduit dans une chambre bien obscure, des rayons solaires qu'on fait passer par un tuyau rond qui traverse le volet dans une direction horisontale, & qui a 6 pouces de longueur sur un pouce & demi de diamétre. Ce tuyau reçoit des verres de différentes convexités, à celle de ses

extrêmités qui répond au-dedans de la chambre : celui qu'on y met pour cette Expérience, n'en a que ce qu'il en faut, pour rendre le jet de lumiére solaire parfaitement cylindrique.

Ce faisceau de rayons est reçu obliquement sur le côté long d'une caisse représentée par la *Fig.* 9. & placée sur la table que j'ai désignée ci-dessus par la *Fig.* 2.

Les côtés longs de cette caisse sont deux morceaux de verre bien droits de 4 pouces de large sur un pied de long, élevés bien parallélement à 6 pouces de distance l'un de l'autre. Les deux petits côtés sont de métal, ainsi que le fond, & chacun d'eux a une ouverture circulaire de deux pouces & demi de diamétre, garnie d'un verre semblable à ceux dont on couvre les cadrans des montres, l'un ayant sa convexité en dehors, l'autre ayant la sienne en dedans de la caisse. Comme ce vaisseau doit contenir de l'eau, tous ces verres sont attachés avec du ciment ; & aux quatre coins du fond en dehors, il y a des vis par le moyen des-

XVI. LEÇON.

quelles on le met de niveau sur la table, & à l'un des bouts, un robinet pour vuider l'eau.

EFFETS.

Le jet de lumiére entrant par *A*, *Fig.* 10. dans la caisse remplie d'eau, se réfracte en *B*, & forme à cette distance, sur une lame de métal qu'on présente perpendiculairement à sa direction, un cercle lumineux dont le diamétre est égal à celui du cylindre de lumiére mesuré en *A*. Ce cercle s'apperçoit plus aisément, si l'on couvre le dehors du verre avec un morceau de carton blanc : dans la Figure on n'a représenté que l'épaisseur de l'eau qu'on met dans la caisse, avec les effets de la lumiére qui la traverse.

Au lieu d'arrêter ainsi le rayon, si vous le laissez sortir de la caisse dans l'air, il prend une direction *S s*, parallele à celle du rayon incident *R r*, ce qu'il est aisé de reconnoître en mettant sur les bords de la caisse une régle parallele à l'un des deux rayons ; & la grosseur du jet de lumiére demeure constamment égale dans toutes les parties de sa longueur.

D'où il suit, que des rayons de lumiére paralleles dans leur incidence, en passant obliquement de l'air dans une masse d'eau terminée par une surface plane, conservent leur parallélisme, comme aussi en rentrant de l'eau dans l'air, terminé de même par une surface droite : la même chose arrive avec tous les autres milieux qui différent en densité, & qui n'ont qu'une médiocre épaisseur, comme nous le supposons ici.

SECOND CAS.

Si des rayons convergens dans leur incidence passent d'un milieu rare dans un plus dense, & de celui-ci dans un autre semblable au premier.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette Expérience se fait comme la précédente, excepté, qu'au lieu de mettre au bout du tuyau un verre très-peu convexe, qui ne feroit qu'ôter aux rayons solaires le peu de divergence qu'ils ont quand on les reçoit par un trou dans une chambre, on en place un autre qui l'est davan-

XVI. LEÇON. tage, & qui fait prendre au jet de lumiére la forme d'un cône ou d'une pyramide ronde, dont la pointe s'avance à 8 ou 9 pouces de distance.

La caisse étant pleine, on en présente le côté *A D* perpendiculairement à la pyramide de lumiére, de façon que sa pointe atteigne tout juste le côté *BC*: après quoi on ouvre le robinet, pour la vuider: voyez la *Figure* 11.

Effets.

Aussi-tôt qu'on a ôté l'eau de la caisse, la pointe de la pyramide lumineuse se raccourcit sensiblement, & se voit en *E*.

Si l'on fait avancer la caisse vuide de quelques pouces, de sorte que la pointe de la pyramide de lumiére passe d'autant au-delà du côté *BC*, l'eau que l'on met ensuite dans la caisse fait un peu avancer cette pointe, & l'on remarque que la pyramide est déformée, comme *F G*.

Ce qui fait voir que la convergence des rayons diminue, lorsqu'ils passent d'un milieu rare dans un milieu dense; & qu'elle augmente au contraire, quand

quand le paſſage ſe fait du milieu denſe dans celui qui l'eſt moins, & que les ſurfaces de ces milieux ſont planes.

TROISIEME CAS.

Si des rayons divergens dans leur incidence entrent dans un milieu plus denſe, ou plus rare.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Tout reſtant diſpoſé, comme dans la derniére Expérience, & la caiſſe étant vuide, il faut la reculer de maniére, que les rayons qui commencent à diverger, après avoir formé la pointe *G*, *Fig.* 12. & qui font une pyramide lumineuſe oppoſée à la premiére, ſe préſentent directement au côté *AD* de la caiſſe, & la traverſent entiérement; & l'on éleve verticalement à 3 ou 4 pouces de diſtance, au-delà du côté *BC*, un carton blanc, ſur lequel on reçoit la baſe de cette pyramide de lumiére, dont on meſure exactement le diamétre: après quoi l'on met de l'eau dans la caiſſe comme de coutume.

XVI. LEÇON.

EFFETS.

Le cercle lumineux paroît un peu augmenté sur le carton ; & la pyramide paroît déformée, n'étant pas aussi grosse à la distance *B C*, qu'elle l'étoit avant qu'il y eût de l'eau dans la caisse.

Ce qui prouve que les rayons, en entrant de l'air dans l'eau, ont perdu une partie de leur divergence, & qu'ils l'ont reprise en sortant de l'eau pour rentrer dans l'air ; d'où l'on peut conclure, que quand les milieux se touchent par des surfaces planes, les plus denses diminuent la divergence des rayons, & que les plus rares l'augmentent.

EXPLICATION.

Suivant la seconde Loi de la réfraction de la lumiére, un rayon qui passe obliquement d'un milieu rare dans un milieu dense, quitte sa premiére direction pour s'approcher de la perpendiculaire au plan qui sépare les milieux : voilà pourquoi dans la seconde Expérience, le jet de lumiére qui est arrivé en *A*, s'est réfracté vers

B; car son incidence étoit oblique, & le milieu qu'il quittoit étoit moins dense que celui dans lequel il est entré. XVI. LEÇON.

Si l'on conçoit deux lignes paralleles qui se plient ensemble, & de la même quantité, leur parallélisme doit subsister après l'inflexion. Or, des filets de lumiére qui forment ensemble un jet cylindrique, comme dans la même Expérience, sont paralleles entr'eux; l'incidence, par conséquent, est également oblique pour chacun d'eux sur une surface plane; leur réfraction paroît l'être aussi dans une épaisseur d'eau qui n'a que 5 ou 6 pouces: ainsi, demeurant sensiblement paralleles après cet effet, ils forment encore un cylindre de lumiére égal en diamétre à celui qu'ils formoient dans l'air; & c'est pour cette raison, que ce jet réfracté tombant perpendiculairement sur un plan qu'on lui présente, y marque un cercle lumineux de la même grandeur que celui qu'il fait voir sur un pareil plan, avant que d'être dans l'eau.

Le 5e. résultat de la premiére Expérience, sur lequel nous avons établi la IVe. Loi, nous a fait voir

XVI. LEÇON.

qu'un rayon réfracté en *a*, Fig. 13. s'il est renvoyé en *C* par un miroir, ou autrement, se plie en entrant dans l'air, de telle maniére, qu'il retourne toujours par la ligne *CA*, qui est celle de sa premiére incidence. Cela étant, losqu'arrivé en *a* il passe de l'eau dans l'air qui est au-delà, il doit venir en *B*, faisant l'angle *p a B* égal à celui de l'autre part *ACP*; car la grandeur de ces angles dépend du dégré d'obliquité avec lequel le rayon tombe de l'eau sur l'air, soit en allant de *C* en *a*, soit en faisant la route opposée : or, cette obliquité est égale de part & d'autre, puisque les surfaces *EF*, *GH*, par lesquelles l'air & l'eau se touchent, sont paralleles entr'elles. Dans le cas présent, ces angles doivent donc être égaux ; & c'est ce qui fait que le rayon *aB*, après avoir traversé l'eau, reprend une direction parallele à celle qu'il avoit avant que d'y entrer.

Dans la caisse pleine d'eau de la III. Expérience, la pyramide de lumiére paroît plus longue qu'elle ne l'est dans l'air ; parce que les rayons incidens *ad*, *bc*, *Fig.* 14. étant incli-

nés en sens contraire sur la même surface droite *c d*, du milieu le plus dense, font aussi leurs réfractions dans des sens opposés : ce qui diminue la convergence naturelle de ces rayons qui est au point *e*, & qui se rétablit, dès qu'il n'y a plus d'eau dans la caisse.

Quand la pointe de cette pyramide s'avance dans l'air au-delà du côté *K L*, les rayons émergens, comme *h k*, reprennent une direction parallele à celle de la premiére incidence *fg*, *lg*, comme je viens de le faire entendre, en expliquant les effets de la II. Expérience; de-là il arrive, que le point de convergence qui seroit en *i*, sans les deux réfractions, se prolonge jusqu'en *k*, & les côtés de la pyramide, au lieu d'être des lignes droites, comme *f i*, *l i*, sont pliés deux fois, & en sens contraires, comme on le voit en *h* & en *g*.

Pour se rendre raison des effets de la IV. Expérience, il n'y a qu'à s'imaginer que les rayons divergens partent du point *k*, *Fig.* 14. en suivant leur marche assujettie aux loix de la réfraction, on verra tout d'un

XVI. LEÇON.

coup, comment ils deviennent d'abord moins divergens dans l'eau, qu'ils ne l'étoient avant que d'y entrer ; & ensuite plus divergens au-delà de la surface *H I*, qu'ils ne l'étoient avant que de toucher la premiére *K L* : car ils le sont alors, comme s'ils venoient du point *i*.

On voit pareillement, pourquoi, malgré cette plus grande divergence, ils marquent sur le plan qu'on leur oppose un cercle de lumiére plus petit ; car, sans les deux réfractions, les rayons *k h*, de part & d'autre, auroient été par des lignes droites en *m* & en *n* ; mais en se pliant deux fois en *h* & en *g*, suivant les proportions dont on a parlé précédemment, ils se resserrent dans l'espace *f l*, & forment une pyramide irréguliére, quoique symmétrique.

I. Corollaire.

Ce que j'ai dit des rayons paralleles qui demeurent tels, après avoir traversé un milieu dense renfermé entre deux surfaces planes & paralleles entr'elles, peut avoir lieu par les mêmes raisons, lorsque le milieu

dense est terminé par deux surfaces courbes, mais concentriques, comme *H I*, *K L*. *Fig.* 15. pourvû que l'incidence soit peu oblique, & que les rayons soient près les uns des autres; car alors, comme le rayon réfracté *a b* tombe sur *K L* avec une obliquité très-à-peu-près égale à celle du rayon incident *A a*, l'angle *B b p* de réfraction dans l'air ne différe pas sensiblement de celui de la premiére incidence *A a p*; & par conséquent, *b B* & *A a* sont paralleles, ou très-peu s'en faut. Il n'en est pas de même du rayon *E e*, par rapport à *D d*; parce que l'inclinaison de *d e* sur la surface *K L*, étant plus grande que celle de *D d* sur *H I*, les angles d'incidence & de réfraction dans l'air ne sont plus dans le rapport d'égalité, comme dans le cas précédent: ce qui fait que le rayon émergent *e E* s'incline à la direction du rayon *D d*. La différence de ces angles devenant d'autant plus grande, que le rayon *a b*, ou *d e*, est plus oblique à la surface *K L*, on doit concevoir que les deux rayons émergens *b B* & *e E* ne sont plus paralleles entr'eux, quoique *A a* & *D d* le soient.

XVI. LEÇON.

II. COROLLAIRE.

Comme c'eſt le parallélisme des ſurfaces réfringentes *E F*, *G H*, *Fig.* 13. qui fait prendre au rayon émergent *B b*, une direction parallele à celle du premier rayon incident *A C*, cela ne doit point arriver, quand ces ſurfaces ſont inclinées l'une à l'autre, comme dans la *Fig.* 16. les réfractions, tant en *a*, qu'en *b*, ſe faiſant dans le même ſens, à cauſe des inclinaiſons oppoſées des ſurfaces, la direction du rayon émergent eſt *b B*, toujours oblique à l'incidence *A a*, plus ou moins, ſuivant la grandeur des réfractions.

APPLICATIONS.

Le réſultat de la ſeconde Expérience nous apprend pourquoi les verres plans ſemblables à ceux qu'on met aux fenêtres, les glaces dont on fait les miroirs, &c. ne peuvent ſervir à condenſer la lumiére ſolaire qui les traverſe : ces rayons étant comme paralleles entr'eux, ne peuvent jamais être plus inclinés les uns que les autres à un ſeul plan : ainſi les

ſurfaces

surfaces réfringentes qui sont droites, ne changent rien à leur position respective. Il en est de même des eaux dormantes, dont la superficie se met de niveau dans toute son étendue; on ne voit jamais que ces masses liquides, quelque transparentes & réfringentes qu'elles soient, donnent occasion à la lumiére parallele de former des foyers dans leur sein.

Quand les milieux plus denses que l'air ont des surfaces droites, & qu'ils sont fort minces, leur interposition ne cause pas de changemens sensibles dans les images; au travers des vitres ou d'une glace de carrosse, on voit à-peu-près de la même maniére qu'on verroit à la vûe simple dans un milieu homogêne: mais quand il y a une grande épaisseur, l'objet qui n'est pas fort éloigné du milieu réfringent, paroît plus près & plus grand; souvent sa figure change & sa clarté diminue.

Les rayons divergens qui sortent d'un verre plat fort épais ou d'un vase plein d'eau pour entrer dans l'air, deviennent plus divergens qu'ils ne l'étoient: c'est le résultat

XVI. LEÇON.

de la IVe Expérience. S'ils entrent dans l'œil après une telle émersion, ils semblent venir d'un point moins éloigné que celui d'où ils sont partis; l'apparence du point radieux *E*, par exemple, *Fig.* 14, est en *e*, & ainsi de tous les autres points visibles du même corps.

Voilà pourquoi le poisson que nous voyons dans l'eau, nous paroît plus élevé vers la surface qu'il ne l'est réellement: le chasseur qui auroit dessein de le tuer d'un coup de fusil, doit avoir égard à cette apparence trompeuse; car la charge de plomb ne peut percer qu'une certaine épaisseur d'eau, laquelle se trouvant plus grande qu'on ne l'a estimée, peut mettre le poisson hors d'atteinte.

De même, le fond d'un vase, d'un bassin, d'une riviére, ne nous paroît jamais aussi bas qu'il l'est, à cause de l'eau qui le couvre; quand on descend dans un bain, on est toujours surpris de le trouver plus profond qu'on ne s'y attendoit; & quand on se presse de prendre quelque chose dans l'eau, il arrive très-souvent qu'on porte la main plus avant qu'on ne

croyoit devoir le faire, & qu'on mouille la manche de son habit, pour avoir jugé la profondeur plus petite qu'elle n'est.

Lorsqu'on regarde à travers une grande épaisseur d'eau, si les parties de l'objet qui semblent s'élever vers la surface, souffroient toutes un déplacement égal, la figure apparente seroit toujours conforme à ce qu'elle représente; car dans l'image, comme dans l'objet, la figure dépend de la position respective des parties, à laquelle un mouvement commun n'apporte pas de changement: mais le déplacement égal n'a pas lieu dans les cas où l'objet est d'une grande étendue; car les rayons qui viennent des extrêmités les plus éloignées de l'œil, tombant plus obliquement que les autres sur la surface de l'air, se réfractent davantage; les faisceaux ou pyramides de lumiére divergente, se dilatent vers l'œil, de maniére que leurs points de réunion, où sont les apparences, se rapprochent davantage de la surface réfringente, & dans un rapport trop grand, pour conserver à l'image totale une conformité

XVI. LEÇON. parfaite avec son objet. L'œil placé en *k*, *Fig.* 14, pour voir au fond de l'eau un grand objet droit, ou une suite d'objets rangés dans une ligne droite comme *g*, *d*, *c*, *g*, non-seulement apperçoit le tout ensemble plus près de lui, mais les extrêmités *g*, *g* lui paroissent encore plus rapprochées que les autres parties *d*, *c*, ce qui forme une courbure dont la concavité est tournée vers le spectateur (*a*). C'est ainsi qu'un tuyau de plomb couché sur le fond d'un bassin ne paroît pas droit quoiqu'il le soit, & que le fond du bassin lui-même semble plus creux au milieu que vers les bords, quoiqu'il le soit également par-tout.

Les milieux denses fort épais, quoiqu'avec des surfaces planes, nous font voir les objets plus grands qu'ils ne le sont; le poisson paroît plus gros dans l'eau que quand on l'en a tiré;

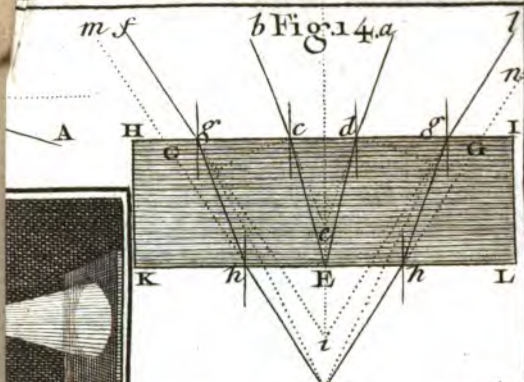
(*a*) Pour apprendre quelle est la nature de cette courbe, & comment elle s'engendre, consultez un beau & sçavant Mémoire de M. de Mairan, imprimé dans le volume de l'Acad. des Sciences pour l'année 1740. dans lequel vous trouverez plusieurs remarques très-curieuses.

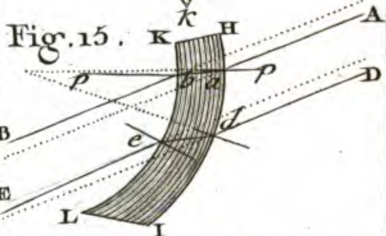
le gravier, les pierres, les plantes, nous trompent de même quand nous les voyons au fond des bassins, des fontaines, des riviéres, &c. les espaces nous paroissent aussi plus étendus, les limites qui les comprennent nous semblent laisser entr'elles une plus grande distance; tout cela vient, de ce que des rayons convergens le deviennent davantage en sortant de l'eau pour entrer dans l'air. Qu'on imagine pour un moment que *g*, *g*, *Fig.* 14. soient les extrêmités opposées d'un objet que l'on apperçoit au fond de l'eau par les rayons *g h*, *g h*, l'oeil placé en *k*, juge de la grandeur de cet objet, par l'angle *G k G*, plus grand que *g k g*; & comme la même chose arrive pour toutes les dimensions du corps que l'on voit ainsi, il s'ensuit que tout ce qu'on regarde au travers d'un milieu fort épais & plus dense que l'air, doit paroître amplifié, comme cela arrive en effet.

Ayant l'oeil placé directement au-dessus d'un vase plein d'eau ou de quelqu'autre liqueur limpide, si je regarde une piéce de monnoie ou

XVI. LEÇON.

quelqu'autre chose semblable, qui soit au fond & suffisamment éclairée, je la vois plus grande que dans l'air; mais elle ne me paroît plus hors de sa place, comme celle dont j'ai fait mention en parlant des effets de la réfraction de la lumiére en général. Je comprens la raison de ce dernier effet, en considérant que dans le cas dont il s'agit, mon œil apperçoit une partie de la piéce (son centre par exemple) par un faisceau de rayons, dont l'axe ne souffre point de réfraction, passant perpendiculairement de l'eau dans l'air; cette partie de la piéce se voit donc dans son vrai lieu ou dans sa direction naturelle; les autres sont vûes par des rayons obliques, par conséquent réfractés, qui les écartent en apparence de la premiére qui est comme immobile: par-là l'objet paroît amplifié, mais non pas déplacé quant à la direction: la figure même n'en est pas sensiblement altérée, si l'on dirige son regard de façon, que le rayon direct vienne du milieu de l'objet qu'on se propose de voir, à moins que cet objet ne soit fort grand.


Fig. 14.
m f
b
a
l
n
A
H
g
c
d
g
I
G
G
e
K
h
E
h
L
i
k


Fig. 15.
K
H
A
p
b
a
p
D
B
e
d
E
L
I

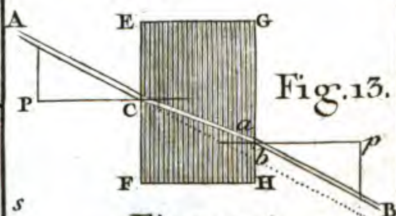

A
E
G
Fig. 13.
P
C
a
p
b
F
H
B
s


Fig. 9.

Un morceau de verre épais dont les faces opposées, quoique planes, sont inclinées l'une vers l'autre, fait toujours voir les objets hors de leurs vrais lieux, parce que, de quelque façon qu'on s'y prenne en regardant au travers de ces corps transparens, tous les rayons qui viennent à l'œil sans en excepter aucun, souffrent au moins une réfraction, soit en entrant, soit en sortant; je dis au moins une réfraction, car si quelqu'un des rayons incidens est oblique à l'une des deux surfaces, & qu'après être entré, il soit encore oblique à l'autre, il sera réfracté deux fois, comme on le peut voir par la *Fig.* 16. & s'il est perpendiculaire à la première, il en sera plus oblique sur la seconde.

Et si ce verre est taillé de maniére qu'une de ses surfaces soit en partie parallele à l'autre, en partie inclinée, il pourra faire voir l'objet en même-temps dans deux lieux différens, comme il arrive quand une glace de carrosse est terminée par un large biseau, & qu'on dirige ses regards vers les bords, pour voir les objets extérieurs.

XVI. LEÇON.

C'eſt en conſéquence de cet effet, qu'on travaille exprès des verres à plusieurs facettes, qu'on nomme *multipliants*, parce qu'en effet, ils multiplient l'image d'un objet qu'on regarde au travers de leur épaiſſeur. Après ce que je viens de dire touchant les corps réfringens terminés par des ſurfaces inclinées, l'inſpection ſeule de la *Fig.* 17, ſuffit pour faire comprendre la raiſon de cette multiplication d'images. Car on peut remarquer que les quatre faces *ac*, *cd*, *de*, & *eb*, étant toutes inclinées à la grande face *ab*, font converger chacune ſéparément vers le même œil *E*, des rayons qui partent des extrêmités oppoſées de l'objet *F*. D'où il arrive que ceux qui tombent ſur *ac*, après les deux réfractions, produiſent une image en G; ceux qui tombent ſur la facette *cd*, une autre image en *H*; & enfin ceux qui paſſent par *de* & par *eb*, repréſentent le même objet ſéparément en *I* & en *K*: ce qui fait autant d'images que de facettes.

On voit diſtinctement & complétement l'image par toutes les facet-

tès, lorsque chacune d'elles reçoit des rayons de toutes les extrémités opposées de l'objet, qu'après les réfractions, ces rayons sont convergens vers un même endroit, & que les faisceaux qui appartiennent à chaque point visible, ont conservé ou repris un peu de divergence; la premiére & la seconde de ces conditions venant à manquer, chaque facette ne fait voir qu'une partie de l'objet; sans la troisiéme on ne voit rien que très-confusément. Pour éviter ces défauts, on ne doit regarder avec ces sortes de verres les grands objets que de loin, & de près, seulement les petits; il faut encore leur donner des faces d'une certaine largeur, lesquelles, par leurs inclinaisons respectives, ne forment pas une trop grande convexité, & enfin ne les approchent pas trop près de l'oeil. On verra mieux comment il faut user de ces précautions, & les effets qu'on en peut attendre, quand nous aurons parlé de la vision à travers les milieux réfringens, terminés par des surfaces convexes.

XVI. LEÇON.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons paralleles passent d'un milieu rare dans un milieu plus dense, terminé par une surface convexe.

V. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut placer la caisse représentée par la *Fig.* 9. de façon qu'un jet de lumiére cylindrique & horizontal, tombe directement sur la surface du verre convexe qui est cimenté à l'un des petits côtés; après quoi on la remplit d'eau.

EFFETS.

Aussi-tôt qu'on a mis l'eau dans la caisse, on observe, que la lumiére est convergente & se croise de tous les côtés sur l'axe du cylindre, lequel par cet effet, prend la forme d'une pyramide, dont la pointe se porte en avant dans la caisse, comme on le voit par la *Fig.* 18.

CINQUIEME CAS.

Si des rayons convergens qui sortent d'un milieu rare sont reçus dans un milieu plus dense, & terminé par une surface convexe.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Tout étant disposé comme dans l'Expérience précédente, il faut faire passer par la surface convexe de la caisse, avant qu'il y ait de l'eau, une pyramide de lumiére, dont le point de convergence soit justement au centre de cette convexité, marquer cet endroit avec un index qu'on éleve à côté, & remplir ce vaisseau avec de l'eau claire.

On répete ensuite la même épreuve successivement avec deux autres pyramides de lumiére, dont l'une ait sa pointe en-deçà & l'autre au-delà du centre de la convexité: lorsqu'il n'y a point encore d'eau dans la caisse, l'on marque à chaque fois où se termine la pyramide lumineuse, & l'on finit par mettre de l'eau, comme dans les autres Expériences.

XVI. LEÇON.

EFFETS.

Lorsque les rayons de lumiére convergent naturellement au centre de la convexité de la surface réfringente, l'eau qu'on met dans la caisse ne change rien à leur direction; la pointe de la pyramide de lumiére demeure constamment vis-à-vis de l'index, *A*, *Fig*. 19.

Quand les rayons tendent naturellement à se réunir ou à se croiser, plus près de la surface réfringente que le centre de sa courbure, l'eau qu'on met dans la caisse fait alonger la pointe de la pyramide lumineuse, *B*, *Fig*. 19.

Et au contraire, on voit cette même pointe s'accourcir, quand on fait la même épreuve avec des rayons qui convergent au-delà de ce même centre, *C*, *Fig*. 19.



SIXIEME CAS.

Si des rayons de lumiére divergens passent d'un milieu rare dans un plus dense, terminé par une surface convexe.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La caisse étant toujours tournée du même sens, & vuide d'eau, il faut y faire entrer par la surface convexe, la lumiére qui commence à diverger au bout de quelqu'une des pyramides dont on a fait usage dans les Expériences précédentes, recevoir cette lumiére sur un plan élevé verticalement dans la caisse à 6 ou 7 pouces de distance de la surface réfringente, & marquer la grandeur du cercle lumineux qu'elle fait sur le plan, avant qu'il y ait de l'eau.

EFFETS.

Lorsqu'on a versé l'eau dans la caisse, le cercle lumineux dont je viens de parler, paroît sensiblement diminué de grandeur.

Si l'on éloigne de plus en plus la

XVI. LEÇON.

caisse du point d'où procédent les rayons divergens, la base de la pyramide qu'ils forment se rétrécit peu à peu, le jet de lumiére devient cylindrique, & si l'on continue d'éloigner la caisse, les rayons commencent à converger en avant. Voyez la *Fig.* 20.

Il résulte de ces trois derniéres Expériences, 1°. Que les rayons de lumiére en passant d'un milieu rare dans un milieu plus dense, terminé par une surface convexe, deviennent convergens, s'ils étoient paralleles.

2°. Que s'ils sont convergens au centre de la sphéricité du milieu réfringent, ils ne se réfractent point.

3°. Que leur convergence diminue, s'ils tendent à se réunir plus près que le centre de la sphéricité, & qu'elle augmente au contraire, si leur point de réunion naturelle est au-delà de ce même centre.

4°. Enfin que les rayons divergens perdent pour le moins une partie de leur divergence, ce qui peut aller jusqu'à les rendre paralleles, & même convergens.

OBSERVATION,

Dans toutes ces Expériences où la lumiére prend la forme d'une pyramide, en passant par des surfaces réfringentes dont la courbure est sphérique, on peut observer, que l'endroit où les rayons se réunissent & se croisent, n'est pas précisément un point, mais un petit espace circulaire qu'on distingue très-bien, en y présentant un carton blanc, & qui est d'autant moins rétréci, que la surface sphérique qui reçoit les rayons incidens, est plus large.

EXPLICATION,

La position respective des rayons réfractés dépend de la déviation particuliére que chacun d'eux a soufferte; & cette déviation dans un milieu déterminé, est proportionnelle au dégré d'obliquité des incidences: or, cette obliquité peut varier, ou parce que les rayons tombent avec différentes directions sur une surface droite, ou parce que les parties de la surface réfringente ne sont pas dans un même plan, C'est ce dernier

cas qui a lieu dans la V[e] Expérience.

XVI. LEÇON.

Les rayons de lumiére sont tous dirigés les uns comme les autres, puisqu'ils sont paralleles entr'eux; mais les parties de la surface convexe qui les reçoit, doivent être considérées comme autant de plans infiniment petits, & insensiblement inclinés les uns aux autres. Dans un faisceau de rayons paralleles, qui se présente directement à la surface convexe, il y en a un qui tombe perpendiculairement sur une de ces facettes & qui suit l'axe *A B* de la convexité, *Fig.* 21. sans souffrir aucune réfraction; mais c'est le seul à qui cela arrive: tous les autres sont nécessairement inclinés aux parties circonvoisines, parce que celles-ci le sont à celle du milieu, & que les rayons ne le sont point entr'eux

Les rayons les plus près de l'axe, comme *d e*, ne sont presque point obliques à la surface réfringente, aussi leur réfraction n'est-elle pas fort grande; mais quelque petite qu'elle soit, ou par ce peu d'obliquité, ou par la nature du milieu réfringent, il faut toujours que de part & d'au-

tre

tre ils aillent se croiser en quelqu'endroit sur l'axe *AB*. Ce sera plus près ou plus loin, suivant le pouvoir réfractif du milieu, & la courbure plus ou moins grande de la surface (*a*).

Si les rayons qui sont un peu plus loin comme *fg*, ne se réfractoient que de la même quantité, ils deviendroient paralleles à *eD*, & se croiseroient plus loin sur le même axe, ce qui rendroit la pointe de la pyramide fort grosse & mal terminée; mais comme la surface est plus inclinée au rayon incident en *g* qu'en *e*, la réfraction est plus forte, & dans une telle proportion, que ces derniers rayons réfractés viennent se réunir presque au même point avec les précédens *eD*.

Je dis presque au même point, parce que cela n'est pas, à parler exactement; les inclinaisons successives que donne la courbure circulaire ou

(*a*) *ED*, *Fig.* 21, distance du foyer des rayons paralleles, pris auprès de l'axe, est à *CD*, distance de ce foyer au centre de la sphéricité, comme le sinus d'incidence est au sinus de réfraction, c'est-à-dire, dans le rapport de 4 à 3, ou à peu près, si le milieu réfringent est de l'eau, ou de 3 à 2, si c'est du verre.

XVI. LEÇON.

sphérique, n'ont point entr'elles le rapport qu'il faudroit, pour faire converger au même point les rayons qui sont paralleles dans leur incidence; on s'en apperçoit sensiblement, quand on suit la marche d'un rayon fort écarté de l'axe, comme *hi*, en l'assujettissant aux loix de la réfraction; on trouve que l'inclinaison de la surface est un peu trop grande en *i*, ce qui fait prendre au rayon réfracté plus de convergence qu'il ne lui en faut, pour se réunir au même endroit que les autres. Voilà pourquoi, toutes les pyramides de lumiére que l'on forme par le moyen des surfaces sphériques réfringentes ou réfléchissantes, (quand elles sont fort larges) ne finissent jamais par une pointe bien aiguë, & que ces foyers sont toujours un cercle d'une certaine étendue. Aussi les Opticiens qui traitent ces matiéres avec l'exactitude géométrique, ont soin de restreindre leur théorie à des portions de lumiére qui n'occupent qu'une petite partie de ces sortes de surfaces.

Dans la VIe Expérience, la pyra-

mide de lumiére ne reçoit aucun changement en passant de l'air dans l'eau, lorsque la convergence naturelle de ses rayons est au centre de la convexité du milieu réfringent ; parce qu'alors la lumiére n'est pas dans le cas de souffrir réfraction, tous les rayons incidens étant comme *Ab*, *dh*, *ef*, *Fig.* 22. perpendiculaires à toutes les parties de la courbe *f b h*.

Mais quand les rayons de la pyramide ont leur point de convergence naturelle plus près de la surface réfringente, que le centre *C*, comme *ik*, ou plus loin, comme *g l*, alors leur incidence est oblique : dans le premier cas la pyramide s'alonge ; parce que les rayons réfractés s'approchent de la ligne qui est, comme *Cd*, perpendiculaire au point d'incidence ; & dans le second cas elle s'accourcit, par la même raison.

Le cercle lumineux de la VII[e] Expérience diminue de grandeur, quand on met de l'eau dans la caisse, parce que les rayons qui forment la pyramide dont il est la base, se rapprochent les uns des autres ou de l'axe

XVI. LEÇON.

AB, *Fig.* 23. en se réfractant vers des lignes semblables à *Ce*, perpendiculaires aux points d'incidence; & cet effet doit augmenter, à mesure que les rayons incidens deviennent moins divergens, comme il arrive, lorsqu'on éloigne la surface *lbm*, du point d'où les rayons commencent à diverger: voilà pourquoi, lorsque l'on continue d'éloigner la caisse, les rayons réfractés passent d'une moindre divergence au parallélisme; & de-là à la convergence.

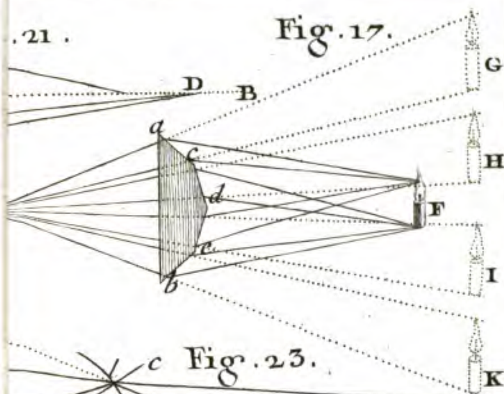
Pour sçavoir ce que deviendroient des rayons de lumiére, tels qu'ils ont été employés dans les trois derniéres Expériences, s'ils passoient d'une masse d'eau terminée par une surface convexe, dans une masse d'air contiguë, il n'y a qu'à prendre pour rayons incidens, *Fig.* 21, 22, & 23, ceux que nous avons considérés comme rayons réfractés: on verra, par exemple, que des rayons qui seroient paralleles dans le milieu le plus dense, deviendroient convergens, en entrant dans le plus rare; que ceux qui seroient convergens le deviendroient davantage; &c.

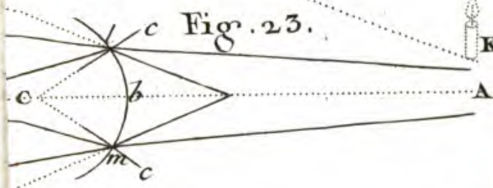
APPLICATIONS.

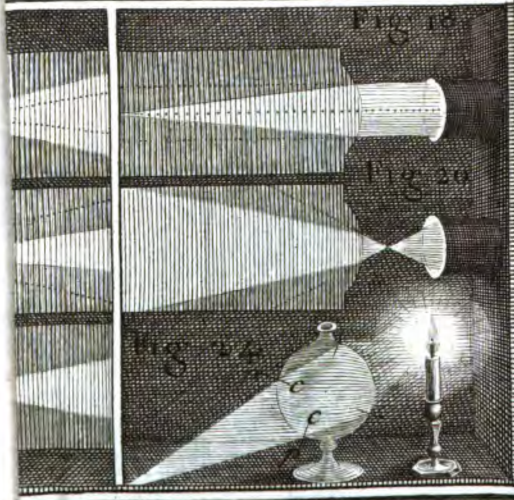
Certains Artistes qui ont besoin d'une forte lumiére, & qui travaillent long-tems de suite sur de petites piéces, tels que sont les Graveurs & Ciseleurs en bijouterie, les Méteurs en œuvre, les Horlogers, &c. s'éclairent assez communément le soir, avec une lampe dont ils font passer la lumiére au travers d'une bouteille de verre mince & ronde, qu'on nomme *bocal*, & qu'ils emplissent d'eau bien claire, *Fig.* 24. la flamme d'une chandelle, ou d'une lampe, étant placée près de ce vaisseau, jette sur une grande partie de sa surface sphérique des rayons divergens qui le deviennent beaucoup moins, comme ceux de la VII[e] Expérience; & par la même cause, cette lumiére perd ensuite le reste de sa divergence, en passant de l'eau dans l'air, parce que de part & d'autre elle se réfracte, en s'éloignant des lignes *p c*, *p c*, ce qui resserre les rayons dans un plus petit espace, jusqu'à les rendre paralleles ou convergens.

XVI. LEÇON.

Les corps solides qui sont plongés dans des vaisseaux de verre remplis d'eau, ou de quelque autre liqueur transparente, nous paroissent pour l'ordinaire sous des figures difformes, quand nous les regardons à travers les parois de ces vaisseaux, (qui sont le plus souvent courbes dans un sens, & droits dans l'autre) parce que certaines dimensions se ressentent plus que d'autres des effets de la réfraction. Soit, par exemple, un vase cylindrique, *Fig.* 25. rempli d'eau, dans le milieu duquel on ait suspendu une boule parfaitement ronde, dont le diamétre vertical soit *AB*; l'oeil recevant l'image de cette ligne par des rayons réfractés dans un même plan *bc*, la verra à peu de chose près dans sa grandeur naturelle; au lieu que le diamétre *AB*, *Fig.* 26. s'il est horisontal, sera apperçu sous l'angle *AfB*, qui est plus grand que dans la Figure précédente, à cause des réfractions qui sont plus fortes en *d* & en *e*, qu'elles ne le sont en *b* & en *c*: ainsi la boule paroîtra fort ovale à quiconque placera l'oeil, comme il l'est dans ces deux figures.


.21.
Fig. 17.
D
B
G
a
c
H
d
F
e
I
b
K


c
Fig. 23.
c
b
A
m
c


Fig 18
Fig 20
Fig 24
c
c

Les bocaux, dont j'ai parlé ci-deſſus, les boules de luſtre qui ſont creuſes & remplies d'eau, ou qui ſont maſſives de verre, en général, tous les corps tranſparens & arrondis en forme de ſphéres, ou à peu près, ſont capables de raſſembler les rayons ſolaires qui ſont preſque paralleles, & d'en former des foyers, où s'allument des matiéres combuſtibles; mais ce ſeroit s'abuſer, que de croire, comme je l'ai oui dire quelquefois, que de tels corps ſuſpendus & iſolés au milieu d'un appartement, ont mis le feu aux meubles, ou aux lambris: on ne doit point craindre de pareils accidens, quand on ſçaura que le foyer des rayons paralleles qu'ils réfractent, ne s'étend que très-peu au-delà de leur ſphére à une diſtance qui égale le quart, ou tout au plus, la moitié de leur diamétre (*a*), outre que ces foyers ſont très-foibles, à cauſe du grand déchet que la lumiére ſouffre en traverſant une ſi grande épaiſſeur.

Les Opticiens attentifs à ce der-

(*a*) Cela varie ſuivant la denſité, ou le pouvoir réfractif de ces corps.

XVI. LEÇON.

nier effet ont imaginé un moyen de rendre ces corps réfringens plus minces, sans préjudice à la propriété qu'ils ont de condenser la lumiére, ou de former des foyers. Ils ont considéré, 1°. que quand les rayons incidens les plus écartés de l'axe *AF*, *Fig.* 27. rencontrent la surface du verre avec un certain dégré d'obliquité, comme de 47 à 48 dégrés, au lieu de pénétrer dans son épaisseur, & de s'y réfracter, ils ne faisoient plus que glisser, pour ainsi dire, dessus, & se réfléchir, comme on le voit au point *i*; 2°. que quand un rayon, comme *de*, entre dans le verre, & s'y réfracte, il continue de se mouvoir, en ligne droite jusqu'en *g*, que le trajet soit grand ou petit; parce que la lumiére ne se détourne point dans un milieu homogêne. De ces deux considérations ils ont conclu très-judicieusement, qu'on pouvoit supprimer toute l'épaisseur *cikl*, comme nuisible au passage de la lumiére, & comme inutile à la réunion des rayons. Ils ont donc rapproché l'un de l'autre les deux segmens *chi*, *kml*, pour en faire un seul corps d'une

d'une forme lenticulaire *chin*, par le moyen duquel les rayons paralléles à l'axe, comme *op*, se réunissent, non pas aussi près, mais en plus grand nombre, que s'ils avoient eu à traverser la sphére entiére.

En taillant ainsi les verres en forme de lentilles, on en diminue beaucoup l'épaisseur ; il y en auroit encore trop cependant, si l'on vouloit laisser aux segmens des sphéres qui les forment, l'étendue qu'ils devroient avoir pour comprendre tous les rayons solaires qu'ils pourroient réfracter ; le diamétre *ci* d'une lentille étant la corde d'un arc *chi* de deux fois 47 ou 48 dégrés, l'épaisseur *hn* seroit environ le tiers du diamétre de sa sphére : ce qui seroit impraticable dans les grands verres, par la difficulté de les fondre, par le poids énorme qu'ils auroient, &c. & d'un mauvais usage même dans les petits ; parce qu'on perdroit plus de lumiére par la grande épaisseur, qu'on n'en gagneroit par l'étendue des surfaces. On se contente donc de segmens beaucoup plus petits, comme *qhr*, par exemple ; & alors avec une moin-

XVI. LEÇON.

dre quantité de rayons incidens, & une plus grande transparence, on parvient à peu près aux mêmes effets.

J'ai déja remarqué que les surfaces sphériques ne sont pas les plus propres à faire converger les rayons dans le plus petit espace possible : on sçait bien celles qui devroient leur être préférées pour cet effet; mais on a trouvé trop de difficulté à travailler le verre sous la forme qu'il faudroit lui donner ; d'ailleurs, quand cela se pourroit, on ne parviendroit jamais à rendre tous les rayons de la lumiére convergens vers un seul point ; parce que, comme on le verra par la suite, ils ne se rompent pas tous également dans le même milieu.

En traitant du feu dans la 13e. Leçon *, j'ai fait voir, qu'il est possible de rassembler dans un petit espace une grande quantité de jets de lumiére, par des miroirs plans arrangés dans un chassis, & inclinés de maniére, qu'ils réfléchissent tous les rayons vers le même lieu. On aura, si l'on veut, un effet à peu près

* Tom. IV, pag. 339.

semblable par réfraction ; car puisqu'un rayon solaire en traversant un morceau de verre dont les deux surfaces sont planes & inclinées l'une à l'autre, se plie nécessairement vers le bord le plus épais, en opposant de pareils verres les uns aux autres dans un même bâti, on ménageroit l'inclinaison des rayons réfractés, de maniére qu'ils tomberoient sur un même endroit à quelque distance de la machine : on en voit un exemple en petit dans les verres à facettes, dont j'ai fait mention ci-dessus. Car, en les exposant au soleil, on peut remarquer, que tous les jets de lumiére qui passent par les petites faces inclinées à la grande, vont se réunir & se croiser dans un foyer commun: si toutes ces parties du verre étoient plus grandes, séparées les unes des autres, & arrangées dans un cadre, comme elles le sont dans le même morceau, par la façon dont il est taillé, il n'est pas douteux que pareil effet n'arrivât.

Quand on veut accourcir & rétrécir le foyer d'un grand verre convexe, on fait passer la pyramide de

XVI. LEÇON.

lumiere qui en sort, par l'épaisseur d'une autre lentille plus convexe ; & alors conformément au résultat de la VIe Expérience, les rayons qui tombent sur ce dernier verre avec un dégré de convergence, qui les fait tendre au-delà du centre de sa sphéricité, ne manquent pas de s'incliner davantage à l'axe, tant en entrant qu'en sortant ; ce qui les réunit plutôt, & dans un plus petit espace : c'étoit ainsi que M. Tschirnausen en usoit pour augmenter l'activité des rayons solaires au foyer de ses grands verres, dont j'ai fait mention en parlant des différens moyens d'exciter le feu. * Mais je ne sçai s'il y a tant à compter sur ce moyen ; la seconde lentille intercepte beaucoup de rayons ; & les foyers les plus rétrécis, quand il n'y a qu'une si petite différence, n'en sont peut-être pas plus efficaces pour les effets qu'on cherche à produire.

* Tom. IV. XII. Leçon, p. 335.

L'effet le plus remarquable des lentilles, ou des loupes de verre, celui dont on fait le plus d'usage, c'est de nous faire voir les objets plus grands qu'ils ne nous le paroiss-

ſent à la vûe ſimple. Cela vient de ce que les rayons qui partent des parties oppoſées *A a*, *b b*, *c c*, *Fig.* 28. convergens comme *A d*, *a e*, paralleles comme *b d*, *b e*; ou divergens comme *c d*, *c e*, après avoir ſouffert les deux réfractions, ſe réuniſſent de l'autre côté du verre; les uns plus près, les autres plus loin; mais toujours en formant des angles plus grands, que n'en formeroient aux mêmes diſtances les rayons qui viendroient en droites lignes des mêmes endroits de l'objet: car, par exemple, à la vûe ſimple, l'œil placé en *h* verroit l'objet ſous l'angle *A h a*; par le moyen du verre, il l'apperçoit ſous l'angle *d h e*, qui eſt plus ouvert.

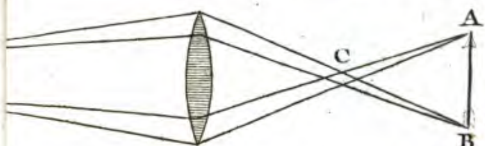
Ce ſeroit encore la même choſe, ſi l'on ſuppoſoit l'œil placé en *f*, ou en *g*; mais comme le premier de ces deux points eſt celui où ſe réuniſſent les rayons paralleles, & qu'il n'en peut venir de tels des eſpaces compris entre *ab* & *A b*, l'objet ne peut y être vu tout entier, s'il eſt de la grandeur qu'on le ſuppoſe ici, par rapport au diamétre de la lentille; & l'on en verra encore moins du point *g*,

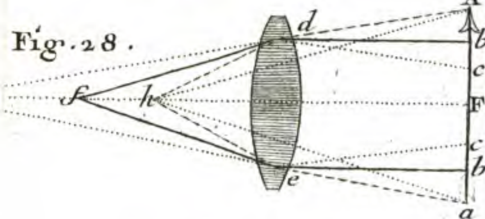
XVI. LEÇON.

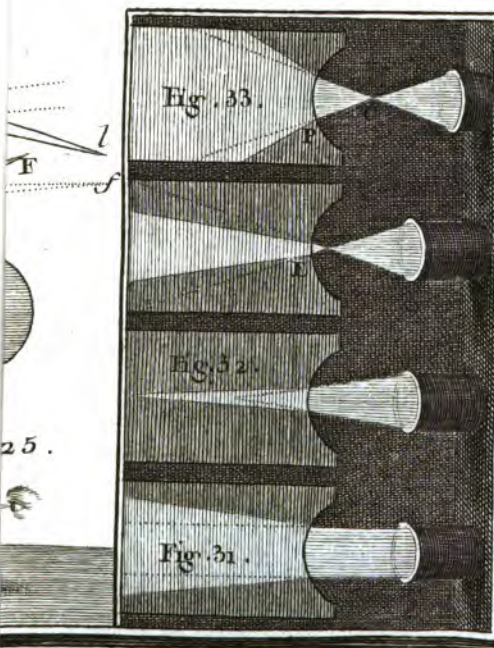
où il ne peut arriver que des rayons qui auroient été divergens dans leur incidence, comme *c d*, *c e*.

Si vous éloignez l'objet au-delà du point *F*, *Fig.* 29. qui est le foyer des rayons paralleles, quand la lumiére vient de l'autre côté du verre, vous ne le voyez plus que confusément; parce que les faisceaux des rayons divergens *l m*, qui procédent de chaque point de sa surface, après les deux réfractions, deviennent, ou paralleles, ou convergens, comme on l'a vu par la VIIe Expérience; & j'ai déja dit plusieurs fois, que quand ils entrent ainsi dans un œil bien constitué, la vision n'est pas distincte; il faut qu'en sortant du verre, ils ayent encore un peu de divergence, & par conséquent, un point de concours, comme *n o*, *p q*.

Ce n'est pas qu'on ne puisse voir distinctement l'image d'un objet, quand le verre a rendu ces faisceaux de rayons convergens entr'eux; mais alors cette image est entre le verre & l'œil, & elle est renversée. Cela arrive, lorsque la distance de l'objet au verre, & du verre à l'œil, les


A
C
B


Fig. 28.
A
d
b
c
f
h
F
c
b
e
a


Fig. 33.
P
l
F
f
Fig. 32.
25.
Fig. 31.

faisceaux qui doivent se réunir en quelque endroit après les réfractions, se croisent avant que d'entrer dans la lentille, comme on le voit en *C*, *Fig.* 30. & que les rayons qui composent chacun d'eux, étant devenus convergens, se croisent aussi à une certaine distance, avant que de rencontrer l'œil, comme en *a* & en *b*. A ces derniers points de réunion, ou de croisement, il se forme une image de l'objet qne l'on peut recevoir sur un carton blanc, ou voir immédiatement, en plaçant l'œil en *D*, c'est-à-dire à telle distance où les rayons de chaque faisceau, ayent repris un dégré de divergence à peu prés semblable à celui qu'ils auroient, si l'on appercevoit l'objet à la vûe simple. L'image *a b* est renversée, parce qu'elle est formée par des faisceaux qui se sont croisés en *C*: ce qui fait que la partie *A* la plus élevée de l'objet est représentée en bas.

Quand l'image est du côté de l'objet, elle est plus loin que lui ; car chaque point de sa surface étant vu par des rayons qui deviennent moins divergens, comme *n o*, *p q*, *Fig.* 29.

XVI. LEÇON.

leur point de concours *f*, où nous le rapportons, est plus éloigné que celui d'où ces rayons sont partis ; mais comme ces sortes de verres amplifient les images en même-tems qu'ils les éloignent, nous avons peine à sentir ce dernier effet ; parce que nous sommes naturellement portés à croire, qu'un objet connu est plus près de nous, quand nous le voyons plus grand. Pour vaincre ce préjugé, il faut regarder un corps qui soit long & menu, de maniére qu'on en voye une partie à travers la lentille, & l'autre, à la vûe simple ; on reconnoîtra que la derniére est plus près de l'œil, que l'image de la premiére.

Les verres convexes font entrer dans l'œil des rayons qui n'y entreroient pas, si l'on voyoit l'objet sans eux : c'est une conséquence nécessaire, de ce qu'ils rendent la lumiére moins divergente, les rayons réfractés étant plus resserrés entr'eux, la prunelle doit en embrasser qui lui auroient échappé. A cet égard on a raison de dire que les loupes, ou lentilles de verre, nous font voir avec plus de clarté ; mais il faut consi-

dérer aussi que tous les rayons qui tombent sur leur surface, ne parviennent point à l'oeil; il y en a beaucoup qui sont réfléchis vers l'objet, & l'épaisseur du verre en absorbe encore une quantité, sans compter ce qui s'en détourne au passage du verre dans l'air; de sorte que, tout compté, il y a bien des cas où l'on trouveroit à peine ces pertes compensées, par la quantité de lumiére que la réfraction amene à l'oeil.

Ce que l'on regarde à travers une lentille, paroît souvent sous une figure difforme, parce que les effets de la réfraction ne sont pas égaux, pour tous les faisceaux de lumiére qui viennent des différentes parties de l'objet à l'oeil : c'est ce qui arrive principalement, quand cet objet est grand, & que le verre a beaucoup de convexité; car alors il est très-rare que tous les points de la surface réfringente se trouvent également éloignés de ceux d'où procédent les rayons, ce qui fait que l'oeil rapporte ceux-ci à des distances qui n'ont point entr'elles la même proportion qu'elles ont dans l'objet;

XVI. LEÇON.

parce que la divergence des rayons, qui lui en tracent les images est diminuée pour les uns plus que pour les autres. La même cause qui altére la figure, peut faire aussi que certaines parties se voyent très-confusément, tandis que d'autres se représentent d'une maniére très-distincte; c'est surtout, aux extrêmités de l'image que cela s'apperçoit, quand les verres sont d'un foyer court. En pareil cas, on doit encore considérer, que les réfractions qui se font vers les bords de la lentille, ne concourent pas réguliérement avec celles du milieu, ou qui avoisinent l'axe, comme je l'ai déjà remarqué ci-dessus.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles de lumiére passent d'un milieu rare dans un milieu dense, terminé par une surface concave.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans cette Expérience, comme dans les deux suivantes, on se sert encore de la caisse qui est représentée

par la *Figure* 9. mais au lieu de faire tomber le jet cylindrique de lumiére sur le verre convexe qui termine un des petits côtés, on le dirige dans la concavité de celui qui est à l'autre bout ; de maniére qu'il marque sur un plan vertical élevé dans la caisse, un cercle lumineux dont on mesure le diamétre : après quoi on met de l'eau à l'ordinaire.

EFFETS.

Aussi-tôt qu'on a versé l'eau dans la caisse, on observe que le jet de lumiére s'est élargi, à compter depuis son entrée dans l'eau, & que le cercle lumineux qu'il marque sur le plan vertical, devient plus grand à mesure qu'on éloigne ce plan de la surface réfringente. Voyez la *Fig*. 31.

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergens passent d'un milieu rare dans un milieu dense qui soit terminé par une surface concave.

IX. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Après avoir seulement ôté l'eau de

XVI. LEÇON. la caisse, il faut y introduire par le même endroit que ci-dessus, & successivement, plusieurs jets de lumiére, tantôt plus, tantôt moins convergente, semblables à ceux de la VIe Expérience, marquer les distances où se terminent les pointes de ces pyramides, & verser de l'eau dans la caisse.

EFFETS.

Quelque grande que soit la convergence de la lumiére qui entre dans la caisse, aussi-tôt qu'on y a mis de l'eau, la pyramide ne manque pas de s'alonger sensiblement; & l'on peut observer qu'elle prend une forme irréguliére, étant plus menue à son entrée dans l'eau, qu'elle ne le seroit, si les lignes étoient bien droites de sa base à sa pointe. *Fig.* 32. Si l'on fait la même épreuve avec des rayons d'une moindre convergence, on les voit s'écarter les uns des autres de plus en plus jusqu'au parallélisme, & même jusqu'à la divergence.



NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergens sortent d'un milieu rare pour entrer dans un milieu plus dense, qui soit terminé par une surface concave.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Tout étant disposé comme dans la derniére Expérience, éloignez la caisse jusqu'à ce que la pointe de la pyramide lumineuse où les rayons se croisent, & commencent à diverger, se trouve précisément au centre de la concavité du verre : recevez la base de cette pyramide de lumiere sur un plan élevé verticalement à 7 ou 8 pouces de distance dans la caisse; mesurez-en le diamétre, & mettez de l'eau dans la caisse.

Réitérez l'Expérience, après avoir avancé la caisse plus près du point *C*, & ensuite après l'avoir éloignée de ce même point, plus qu'elle ne l'étoit dans la premiére épreuve.

EFFETS.

Dans le premier cas, la caisse étant

XVI. LEÇON.

remplie d'eau, le cercle lumineux ne change point de grandeur, ni la pyramide de forme.

Dans le second, la base de la pyramide devient moins large dans l'eau, qu'elle ne l'étoit dans l'air.

Dans le troisiéme, elle s'élargit davantage; & dans l'un & dans l'autre de ces deux derniers, cette pyramide se défigure un peu, comme on le peut voir par la *Fig.* 33. en *P* & en *E*.

Il résulte de ces trois derniéres Expériences, qu'en passant d'un milieu rare dans un milieu dense terminé par une surface concave, 1°. les rayons paralleles deviennent divergens.

2°. Les rayons convergens perdent une partie de leur convergence.

3°. Les rayons divergens qui ont leur point de dispersion au centre de la concavité, ne souffrent aucune réfraction; ceux qui viennent de plus loin que le centre, deviennent plus divergens, & ceux qui divergent de plus près, perdent une partie de leur divergence.

EXPLICATION.

Dans la VIIIe Expérience, les rayons paralleles deviennent divergens en entrant dans l'eau, parce que tombant d'un milieu rare sur la surface d'un milieu dense, qui se présente obliquement à cause de sa courbure, ils se réfractent en s'approchant des lignes *Cf*, *Cg*, *Fig.* 34. qui sont les perpendiculaires à la surface *bhe*; puisque ce sont les rayons prolongés de cette concavité; & comme la même chose se passe pour tous les rayons de lumiére qui sont autour de l'axe *Ch*, il résulte de-là une figure conique, dont la base est plus large que celle du cylindre *abde*, que forment les rayons incidens.

Nous voyons par la IXe Expérience, que des rayons convergens, comme *ab*, *de*, *Fig.* 35. le deviennent moins en passant dans l'eau : cet effet est une conséquence nécessaire, de ce que les rayons réfractés *bi*, *ei*, s'approchent des perpendiculaires *Cf*, *Cg*. Et quand les rayons incidens ont moins de tendance à se réunir, l'écartement des rayons réfractés doit

[illegible]

[illegible]

faces concaves. L'eau & les autres liqueurs transparentes, ont presque toujours des superficies planes ; & quand elles remplissent des vaisseaux, ou des bassins dont les fonds sont convexes, à moins que ces fonds eux-mêmes ne soient minces & transparens, pour donner passage à des rayons qui viendroient de plus loin, on ne doit pas s'attendre que ces masses liquides nous montrent des effets qui ayent rapport à ceux que je viens d'expliquer ; mais l'art produit des corps d'une transparence & d'une figure propres à raréfier la lumiére, & qui ont été imaginés dans l'intention de changer en certains cas les directions respectives & naturelles de ses rayons ; tels sont les verres qui sont creux par un côté, & plans par l'autre, & ceux dont les deux surfaces sont concaves.

Ces sortes de verres ont trois effets remarquables : ils font voir les objets plus petits qu'ils ne le sont, plus près qu'on ne les verroit à la vûe simple, & avec moins de clarté. Pour déduire plus facilement de nos Expériences les explications de ces apparences, nous supposerons des

XVI. LEÇON.

verres d'une concavité sphérique, comme ils le sont presque toujours ; & cette concavité égale de part & d'autre, comme on le voit par la *Fig.* 37. qui représente la coupe d'un de ces verres, selon l'axe de sa sphéricité.

Toute cause qui diminue la convergence des rayons de lumiére, qui viennent des extrêmités d'un objet à l'œil, diminue nécessairement la grandeur apparente de cet objet ; puisqu'alors il est apperçu sous un plus petit angle, voilà précisément ce que fait un verre concave ; car suivant le résultat de la IXe Expérience, les rayons *Ad*, *Be*, qui concourent naturellement en *D*, deviennent moins convergens dans l'épaisseur du verre, qu'ils ne l'étoient avant d'y entrer ; s'il arrive alors que ces rayons réfractés convergent précisément au point *F* qui est le centre de l'autre concavité *GHI*, ils sortent du verre sans souffrir une seconde réfraction ; mais la grandeur apparente de l'objet est toujours diminuée : il est apperçu sous l'angle *aFb* ; au lieu que, sans l'interposition du verre, il l'eût été sous l'angle *AFB*, qui est plus grand.

Dans le cas où les rayons réfractés *df*, *eg*, tendroient à ſe joindre plus loin que le point *F*, l'angle viſuel deviendroit encore plus petit; car en ſortant du verre pour rentrer dans l'air, ces rayons ſouffriroient une autre réfraction, qui, en les écartant des perpendiculaires *pp*, *qq*; les rendroit encore moins convergens qu'ils ne l'étoient avant leur ſortie.

Enfin, il peut arriver que la premiére réfraction laiſſe encore aux rayons *df*, *eg*, un dégré de convergence qui tende à les réunir plus près du verre que le point *F*: ce qui occaſionneroit une ſeconde réfraction en ſens contraire de la premiére; mais comme l'incidence des rayons *df*, *eg*, ne peut jamais être auſſi oblique ſur la ſurface de l'air *GHI*, que celle des rayons *Ad*, *Be*, le doit être ſur la ſurface du verre *CKE*, pour faire naître la circonſtance dont il s'agit, la ſeconde réfraction ſe trouve indiſpenſablement plus foible que la premiére, & incapable, par conſéquent, de la compenſer.

Les verres concaves nous dimi-

XVI. LEÇON. nuent auſſi la diſtance apparente ; parce qu'en traverſant leur épaiſſeur, les rayons divergens qui appartiennent à chaque point viſible de l'objet, s'écartent davantage les uns des autres, comme on l'a vu par le 3e résultat de la Xe Expérience : de cet effet il réſulte que le point lumineux *A*, *Fig.* 38. eſt rapporté en *a*.

Il eſt vrai, que ſuivant les deux premiers réſultats de la même Expérience, il peut arriver, que les rayons qui procédent d'un même point placé à certaines diſtances d'une ſurface concave & réfringente, comme l'eau, le verre, &c. conſervent leur dégré de divergence dans le milieu denſe, ou qu'ils en perdent même plutôt que d'en acquérir ; mais ces cas n'ont jamais lieu, quand la lumiére traverſe toute l'épaiſſeur d'un verre dont les deux ſurfaces ſont concaves, pour continuer de ſe mouvoir dans l'air. Car ſi le point radieux eſt placé au centre d'une des deux concavités *CE*, *Fig.* 39. & que par cette raiſon, les rayons *Ab*, *Ac*, paſſent directement juſqu'à l'autre ſurface *GH*, alors leur incidence ſur l'air eſt

oblique, & la réfraction qu'ils souffrent indispensablement, les écarte des perpendiculaires *Fp*, *Fq* : ce qui les fait regarder comme s'ils venoient du point *a*, qui est plus près que celui d'où ils sont émanés.

S'ils viennent de plus près que le point *A*, & que conformément au 2ᵉ résultat, ils perdent, en entrant dans le verre, une partie de leur divergence, l'incidence sur la derniére surface est tellement oblique, que la seconde réfraction leur en rend plus que la premiére ne leur en a fait perdre, comme on le peut voir par la *Fig*. 40. en considérant que les rayons émergens *de*, *fg*, semblent venir du point *K*, qui est plus près du verre que celui d'où ils sont partis.

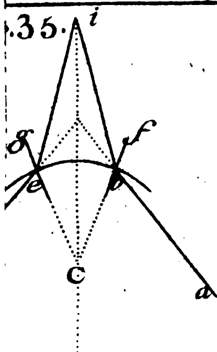
Quand le verre est concave d'un côté, & plan de l'autre, il produit encore les mêmes effets par rapport à la vision, à la différence près du plus au moins ; car si les rayons convergens le sont encore après la premiére réfraction, comme *de*, *Fig*. 41. en passant obliquement par la surface plane *GH*, ils se réfractent une seconde fois, en sens contraire de la

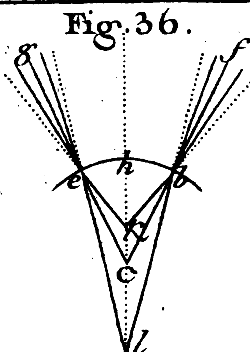
XVI. LEÇON.

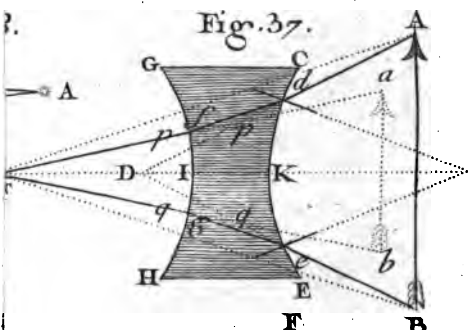
première, mais plus foiblement, parce que l'incidence en *e* n'est pas si oblique que celle du rayon *b d*, sur la surface concave *C E*; & par conséquent, le rayon émergent *e f*, demeure toujours moins convergent à l'axe *A F*, qu'il ne l'étoit avant de rencontrer le verre.

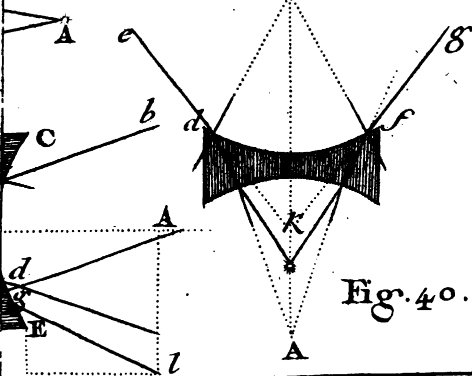
A l'égard des rayons divergens, quand ils partiroient du centre de la concavité, & qu'ils iroient en droite ligne jusqu'à la surface plane, comme *A c*, alors ils ne pourroient manquer de se réfracter, à cause de leur incidence oblique sur *G H*, & cette réfraction, comme on le peut voir par la Figure, augmenteroit leur divergence.

Enfin, ce sont les mêmes effets, soit qu'on présente à la lumière la surface plane du verre, ou sa surface concave. Si le rayon vient du point *F*, il se réfracte deux fois, sçavoir, en *h* & en *g*, & s'écarte de l'axe *A F* de la quantité *A l*. S'il part du point *A*, il ne se réfracte qu'une fois en *c*, mais assez fortement, pour aller en *i* : cette seule réfraction équivaut aux deux autres; & cette com-


.35.
i
g
f
e
b
C
a


Fig. 36.
g
f
e
h
b
k
C
l

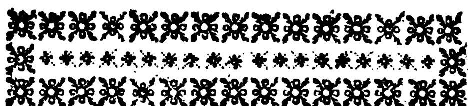

Fig. 37.
A
G
C
d
a
f
p
p
D
I
K
q
q
g
b
H
e
E
B


F
A
e
g
b
d
f
C
K
A
d
g
E
l
A
Fig. 40.

pensation se trouve encore dans les autres cas, soit qu'il y ait deux réfractions contre une, soit qu'il y en ait deux de part & d'autre.

Quant au dégré de clarté, il est évident que les verres concaves doivent la diminuer un peu; puisqu'ils augmentent la divergence de la lumiére, ils empêchent qu'il n'en entre dans la prunelle autant qu'elle en pourroit recevoir de chaque point visible, sans leur interposition.





XVII. LEÇON.

Suite des Propriétés de la Lumiére.

III. SECTION.

De la lumiére décomposée, ou, de la nature des Couleurs.

XVII. LEÇON.

AVANT Newton, personne n'avoit imaginé que la lumiére pût se décomposer, ni que ses parties séparées les unes des autres se distinguassent par des propriétés constantes & des effets sensibles (*a*) Descartes, & ceux qui avoient raisonné d'après lui sur la nature de cette matiére, l'avoient considérée comme un fluide homogêne, mais susceptible

(*a*) Vossius avoit bien dit, que les couleurs étoient toutes contenues dans la lumiére; mais Newton est le premier qui ait dévelopé cette idée, en faisant voir séparément & distinctement les différentes parties de la lumiére décomposée.

de

de certaines modifications, à l'aide desquelles ils croyoient pouvoir expliquer tout ce qui concerne les couleurs. On supposoit que les globules alignés qui forment les rayons, outre l'impulsion qu'ils reçoivent du corps lumineux, & qu'ils se transmettent en droite ligne, tournoient encore sur leur propre centre ; & que de ces deux mouvemens combinés & variés à l'infini, par le plus & le moins de vîtesse & de masse, naissoient au fond de l'œil toutes ces différentes impressions, auxquelles nous avons donné les noms de *rouge*, de *jaune*, de *bleu*, &c. avec toutes les nuances qui leur appartiennent.

Il n'y a point d'hypothèse qui n'ait son foible & ses difficultés : celle-ci en a sans doute ; mais, quoi qu'on ait pu dire contre elle, on doit convenir qu'elle est ingénieuse, simple & naturelle. Après avoir adopté même tout ce que Newton a établi par la voie de l'expérience, un Physicien peut encore, sans inconséquence, retenir ce qu'il y a d'essentiel dans cette doctrine : car en reconnoissant plusieurs espéces de lumiére, ne peut-

XVII. LEÇON.

on pas ſuppoſer que ce qui conſtitue leurs différences, c'eſt une certaine combinaiſon de mouvemens, dont tel ou tel ordre de globules eſt ſuſceptible, à raiſon de plus ou moins de maſſe ou de reſſort; comme il eſt vraiſemblable, que dans le même volume d'air il y a des particules plus groſſiéres & d'une élaſticité moins vive, par leſquelles ſe font entendre les tons graves, & d'autres que des qualités différentes rendent propres à tranſmettre des ſons plus aigus? Newton a voulu s'en tenir à des faits, pour rendre raiſon des couleurs; cela eſt très-ſage: mais ſi l'on veut aller au-delà, & remonter aux cauſes de ces faits par des conjectures, celles de Deſcartes & du P. Malebranche, priſes enſemble, me paroiſſent plauſibles à bien des égards: elles ont paru telles à Newton même (*a*). Je les indique au Lecteur qui ſera curieux de s'en inſtruire; mais l'expérience ne nous fourniſſant rien qui établiſſe ſolidement ces opinions, je m'arrête avec le Philoſo-

(*a*) Voyez la treiziéme des queſtions qui ſont à la fin de l'Optique de Newton.

phe Anglois aux effets sensibles, qui peuvent servir à expliquer les phénoménes de la vision qui ont rapport aux couleurs. XVII. LEÇON.

Nous distinguons les objets visibles, non seulement par leurs grandeurs, leurs figures, leurs situations, leurs distances, leurs dégrés de clarté, mais encore par une sorte d'illumination, qui fait que chacun d'eux brille à nos yeux d'une façon particuliére, & qui ne dépend pas de la quantité de lumiére qui l'éclaire: c'est ce dernier moyen de visibilité, que la nature varie avec une magnificence sans égale, & dont elle embellit toutes ses productions; c'est, dis-je, cette apparence particuliére des surfaces, que nous nommons *couleur* en général, & dont nous exprimons les espéces par les noms de *blanc*, de *rouge* de *jaune*, de *bleu*, &c.

On est naturellement porté à croire, que les couleurs & leurs nuances appartiennent aux corps qui nous les font sentir; que le blanc réside dans la neige, le rouge dans l'étoffe teinte en écarlatte, le vert dans l'herbe des prairies, &c. & c'est un préjugé mal

XVII. LEÇON.

fondé à bien des égards : pour sçavoir ce qu'il en faut rabattre, réfléchissons un peu sur ce qui se passe à l'aspect d'un objet coloré.

La lumiére tombe sur un corps, & le rend visible. Si nous le regardons alors, les rayons qu'il transmet, ou qu'il réfléchit vers nos yeux, y peignent son image, & nous jugeons qu'il est de telle ou telle couleur. Ce jugement n'a jamais lieu si l'objet n'est éclairé ; pendant la nuit tout est noir, rien n'est coloré : les couleurs dépendent donc de la lumiére ; sans elle nous n'en aurions aucune idée.

Elles dépendent aussi des corps ; car exposés au même jour, le vin, le cinabre paroissent rouges, tandis que la bierre & l'or sont jaunes, & que les champs sont merveilleusement émaillés de fleurs de toutes les couleurs.

Mais tout cela est hors de nous ; il ne nous en viendroit aucune notion, si la lumiére transmise ou réfléchie par les objets ne touchoit l'organe de la vûe, pour rendre ces apparences sensibles, & si ces impres-

ſions ne réveilloient en nous des idées que nous avons appris à exprimer par certains termes. Un aveugle, comme l'on ſçait, n'apperçoit pas les couleurs; & s'il l'a toujours été, les noms qu'on leur donne ne lui en font pas naître l'idée. Diſons donc, que les couleurs conſidérées en nous ſont des ſenſations, de même que les ſaveurs, les ſons, les odeurs, &c.

Ces réflexions nous indiquent trois points de vûe, ſous leſquels nous pouvons traiter des couleurs. 1°. Nous pouvons les conſidérer dans la lumiére: 2°. dans les corps, en tant que colorés: 3°. par rapport à celui de nos ſens qu'elles affectent particuliérement, & par lequel nous les diſtinguons.

ARTICLE I.

Des couleurs conſidérées dans la lumiére.

J'ai remarqué dans la ſection précédente, en parlant des corps réfringens taillés en forme de lentilles, que la courbure ſphérique ne convenoit pas, pour raſſembler dans le plus petit eſpace poſſible les rayons

XVII. LEÇON.

de lumiére qui partent divergens de chaque point d'un objet; que, dans la vûe de perfectionner les lunettes ou télescopes de réfraction, les Mathématiciens avoient cherché & indiqué d'autres sortes de convexité plus propres à produire cette réunion parfaite; mais que la difficulté de les faire prendre au verre, avoit empêché qu'on ne mît ces moyens en usage. Newton (*a*), après Descartes (*b*), s'occupa sérieusement de ces recherches, & du soin de procurer, s'il étoit possible, aux Artistes, des procédés sûrs pour travailler des lentilles qui rassemblassent les rayons de lumiére, mieux que ne le peuvent faire des segmens de sphéres. Mais au lieu d'arriver au but qu'il s'étoit proposé, il acquit de nouvelles connoissances qui l'en écarterent davantage; il découvrit qu'il étoit impossible de réunir parfaitement, comme on le souhaitoit, les rayons de la lumiére, quand même le corps réfringent employé à cet effet, seroit taillé de la maniére la plus convenable

(*a*) Principes de la Philos. nat. Liv. I.
(*b*) Dioptrique, chap. 8.

pour le produire. Il reconnut par des expériences décisives, que la lumiére n'est point homogéne dans ses parties, qu'elle en a de plus réfrangibles les unes que les autres; d'où il arrive nécessairement qu'une lentille de verre, quelle que puisse être sa courbure, lorsqu'elle reçoit un faisceau de rayons venant d'un astre, ou d'un autre corps lumineux, rend les uns plus convergens que les autres, & ne réunit dans un seul point, que ceux qui sont de nature à se plier également: « Je m'apperçus, dit-il, » que ce qui avoit empêché qu'on ne » perfectionnât les télescopes, n'étoit » pas, comme on l'avoit cru, le dé» faut de la figure des verres, mais » plutôt, le mélange hétérogêne » des rayons différemment réfrangi» bles » (*a*).

Newton fit cette belle & importante découverte, en réfléchissant sur un phénoméne connu bien longtems auparavant, & que l'on voit toujours avec admiration, quand on fait l'Expérience que voici.

(*a*) Transact. Philosoph. N°. 80. Ceci peut se rapporter à l'année 1665.

XVII. LEÇON.

I. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Au volet d'une fenêtre exposée au midi, ou à peu près, ou bien au fond *acb* de la caisse représentée par la *Fig.* 6. de la 15e Leçon, Pl. 2, il faut pratiquer un trou rond de 5 à 6 pouces de diamétre, pour recevoir la piéce *AB*, *Fig.* 1. qui s'y arrête avec des vis, ou avec deux crochets : cette piéce consiste en un tuyau long d'un pied, ou un peu moins, ouvert par les deux bouts, & portant à l'une de ses extrêmités une boule de bois qu'il traverse, par le moyen de laquelle il se meut en tous sens dans une double coquille, à la maniére d'un genou.

Ce tuyau, qui peut avoir deux pouces de diamétre, doit répondre dans une chambre fort obscure, & sert à y introduire un jet de lumiére venant immédiatement du soleil, ou réfléchi dans quelqu'autre direction, par le moyen d'un miroir plan de métal, placé dans la caisse, ou sur un sup-

port en dehors de la fenêtre (*a*). On rétrécit l'ouverture *C*, autant qu'on le veut, avec un morceau de bois dur tourné en cul-de-lampe, évidé comme un entonnoir, & garni au bout d'une petite platine de métal percée au milieu.

Pour les Expériences qui doivent se faire dans l'obscurité, ce tuyau mobile vaut beaucoup mieux qu'un simple trou à la fenêtre, parce qu'il empêche que la lumiére réfléchie par les objets extérieurs ne se répande

(*a*) La meilleure maniére de faire les expériences dont nous avons à parler dans cet Article, c'est d'introduire le rayon solaire immédiatement, & sans le secours d'aucun miroir: c'est ainsi que Newton les a faites, & qu'il a dû les faire, pour avoir des résultats hors de tout soupçon. Mais si la fenêtre n'est pas exposée à peu près au midi, ou que la saison fasse prendre au soleil une hauteur méridienne trop grande, on est obligé de réfléchir le rayon, pour le jetter dans une direction convenable: cela se peut faire, quand il ne s'agit que de répéter des expériences connues; & en prenant la précaution de n'employer que des miroirs bien parfaits pour la figure & pour le poli. Ceux de métal, parce qu'ils n'ont qu'une surface réfléchissante, seroient toujours préférables à ceux de glace étamée qui ont une double réflection, s'ils ne se ternissoient pas aisément.

XVII. LEÇON.

dans la chambre: ce qui peut affoiblir, & même faire manquer les effets qu'on cherche à voir.

Au rayon de lumiére introduit dans la chambre par le tuyau dont je viens de parler, on oppose l'angle d'un prisme triangulaire *D*, *Fig.* 2. formé d'un morceau de verre solide, dont les faces soient bien dressées, & polies le plus parfaitement qu'il soit possible. Voyez la *Fig.* 3.

Pour rendre mes prismes d'un usage plus commode, & pour empêcher qu'ils ne se dépolissent, lorsqu'on les pose sur des tables, je fais garnir les extrêmités de deux emboîtures de cuivre, au milieu desquelles sont soudées des tiges *E E*, du même métal, qui sont comme l'axe du prisme prolongé de part & d'autre. Elles servent à le soutenir, & à le faire tourner entre deux supports élevés perpendiculairement sur une regle *F F*, portée par une tige ronde qui se hausse & se baisse en glissant dans un pied, & qui s'arrête à telle hauteur qu'on veut, par la pression d'une vis *G*. Au haut de cette tige est encore un mouvement de charniére, *H*, sembla-

ble à celui de la tête d'un compas, au moyen duquel le prisme s'incline autant qu'on le veut.

L'angle du prisme, par lequel on fait passer le rayon solaire, n'a point de grandeur déterminée pour le succès de l'Expérience. Celui dont Newton s'est servi étoit presque équilatéral : on peut très-bien réussir avec des angles plus petits ; cependant il est bon qu'ils ne soient pas au-dessous de 45 dégrés.

Comme le verre est souvent défectueux, soit par les filandres, soit par les bouillons qu'il contient dans son épaisseur, on doit demander aux ouvriers, des prismes qui ayent 5 à 6 pouces de longueur, avec des faces d'un bon pouce de largeur, afin d'y pouvoir choisir plus aisément des endroits d'une homogénéité convenable.

Au défaut de prismes de verre solide, on en peut faire avec des lames de glace mince, bien dressées, & jointes ensemble par le moyen de quelque mastic : on les remplit d'eau bien claire, ou de quelqu'autre liqueur limpide, dont il faut connoître le pouvoir réfractif.

XVII. LEÇON.

EFFETS.

Lorsque le rayon solaire a traversé l'angle du prisme, au lieu de suivre sa premiére route, & d'aller former en *I* un cercle simplement lumineux, il se releve dans une situation à peu près horisontale, avec les circonstances suivantes.

1°. Ce rayon paroît dilaté en forme d'éventail, & fait sur un carton blanc *K L*, élevé verticalement à 16 ou 18 pieds de distance du prisme, une image longue (*a*), arrondie par en haut & par en bas, comprise d'un bout à l'autre entre deux lignes droites paralleles.

2°. La largeur de cette image égale le diamétre du cercle lumineux que le

(*a*) La longueur de l'image colorée dépend de la grandeur de l'angle du prisme, & de la distance que l'on met entre ce prisme & le carton sur lequel on reçoit la lumiére réfractée; à 16 pieds du prisme, mesure de France, l'image a environ 9 pouces de haut, quand l'angle réfringent est de 64 dégrés, & que le rayon incident est autant incliné à l'une des faces que le rayon émergent l'est à l'autre : ce que l'on reconnoît lorsqu'en faisant tourner le prisme sur son axe, l'image colorée cesse de monter pour commencer à descendre.

rayon solaire marqueroit en *I*, s'il ne rencontroit pas le prisme: d'où l'on peut conclure, que le rayon n'est dilaté que dans un sens.

3°. Cette lumiére réfractée, à compter depuis le prisme, jusqu'au carton, paroît par bandes diversement colorées; & l'image *MN* qui en est formée, porte les mêmes couleurs dans l'ordre qui suit de bas en haut: rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

Explication.

Newton ayant répété plusieurs fois, avec beaucoup de soin, l'Expérience que je viens de rapporter, trouva que les résultats en étoient très-constans; & après y avoir bien réfléchi, il essaya de les expliquer par les conjectures suivantes. Il lui vint en pensée, que la lumiére pourroit bien être un fluide composé de parties essentiellement différentes: premiérement, par le dégré de réfrangibilité; secondement, par la propriété d'exciter en nous le sentiment de certaines couleurs.

En effet, en supposant ces deux

XVII. Leçon.

points, il eſt aiſé de rendre raiſon des effets rapportés ci-deſſus. Car 1°. ſi l'on conſidere le rayon total qui entre dans le priſme, comme un aſſemblage de filets de lumiére, qui ne ſe détournent pas également de leur premiére route, en ſe réfractant, c'eſt une néceſſité, que les uns s'élevent plus que les autres au-deſſus de l'eſpace circulaire *I*, où ils auroient tous été ſe rendre, ſans l'interpoſition du corps réfringent; & de-là doit réſulter cette dilatation de bas en haut, qui donne, comme on le voit, la forme d'éventail à la lumiére réfractée.

2°. Il ſuit encore de la même ſuppoſition, que l'image *MN* doit être beaucoup plus longue que large; parce que le rayon n'étant dilaté que dans un ſens, la largeur compriſe entre les deux côtés rectilignes ne doit pas excéder le diamétre du cercle lumineux qui auroit paru en *I*, ſans l'interpoſition du priſme.

3°. Cette même image doit être arrondie, comme elle l'eſt en effet, par ſes deux extrêmités; car on a tout lieu de croire qu'elle eſt formée

par des images circulaires qui anticipent les unes ſur les autres, en auſſi grand nombre, qu'il y a d'eſpéces de rayons différemment réfrangibles : le grand nombre de ces images circulaires, & la contiguité de leurs centres, font apparemment qu'on n'apperçoit pas d'angles rentrans, & que les côtés ſont ſenſiblement rectilignes.

4°. Dans la ſuppoſition que les filets de lumiére qui compoſent le rayon incident, ſoient capables de ſe réfracter les uns plus que les autres, on ne doit pas s'attendre que la lumiére après les réfractions ſe dilate, ou s'éparpille dans un autre ſens, que celui de bas en haut : car le priſme ayant ſes baſes égales & ſemblables, les ſurfaces des côtés étant d'ailleurs bien droites, la lumiére qui tombe ſur des lignes priſes ſuivant la longueur du verre, pénétre des épaiſſeurs compriſes entre des lignes paralleles : & alors, ou les réfractions ſont nulles dans ce ſens, ou la ſeconde rend inſenſibles les effets de la premiere.

5°. Enfin, ſi les couleurs qu'on remarque dans l'image *M N* réſident

véritablement dans la lumiére, & que les rayons divisés & séparés les uns des autres, soient capables de réveiller constamment en nous les idées que nous avons attachées aux noms de rouge, orangé, jaune, vert, &c. quand une fois ils se sont démêlés, en vertu de leur plus ou moins de réfrangibilité, ils doivent paroître véritablement sous ces couleurs, soit qu'on les regarde immédiatement, soit que le carton blanc qui les a reçus les réfléchisse vers nos yeux.

Sur ce pied-là, il y auroit dans la lumiére, telle qu'elle est naturellement, sept espéces de rayons capables de produire autant de couleurs.

Ces couleurs s'appelleroient simples, ou primitives, & l'on attribueroit à leurs différentes combinaisons toutes les autres, qu'on remarque dans la nature.

La lumiére sans couleur, telle qu'elle paroît en venant immédiatement du soleil, ou d'un autre astre, seroit celle qui renfermeroit toutes les couleurs simples, par un mélange parfait; & ce qu'on nomme noir, ne

seroit

ſeroit qu'une privation de toute lumiére ſimple, ou compoſée.

Voilà ce que conçut Newton, en méditant ſur l'expérience du priſme; mais quoique ces premiéres penſées ſe préſentaſſent avec un air de vraiſemblance capable de ſéduire; en Philoſophe qui cherchoit ſincérement la vérité, il ne crut devoir s'y arrêter, qu'après avoir bien vérifié tout ce qu'il s'étoit permis de ſuppoſer, & qu'après avoir prouvé par des faits, ou par des raiſonnemens déciſifs, l'inſuffiſance des explications qu'on voudroit ſubſtituer aux ſiennes. C'eſt ce qu'il a fait avec une force & une ſagacité digne de ſon génie, dans un excellent Traité * qui eſt aujourd'hui entre les mains de tout le monde, & qu'il faut lire entiérement, pour être bien inſtruit ſur cette matiére. J'en ai extrait ce que j'ai cru néceſſaire, pour établir ſolidement le fond du ſyſtême; & dans le grand nombre d'expériences que l'Auteur a produites en preuves, j'ai choiſi celles qui m'ont paru les plus belles, les plus concluantes, & dont le ſuccès ne tient point à des manipulations trop

* *Traité d'Optique ſur la lumiére & ſur les couleurs, traduit de l'Anglois en François, par M. Coſte.*

XVII. LEÇON.

délicates, afin que le Lecteur curieux de les voir, puisse entreprendre de les répéter lui-même, sans craindre de les manquer.

Toute la théorie dont il s'agit ici, roule sur deux points capitaux, que voici. 1°. La lumiére est composée de rayons plus réfrangibles les uns que les autres. 2°. Chaque rayon est d'une couleur déterminée, dont se teignent les objets qu'il éclaire. Examinons avec Newton, si ces deux apparences qu'on remarque dans l'expérience du prisme, sont des modifications accidentelles de la lumiére, comme on le pourroit croire, ou bien des propriétés inhérentes que rien ne puisse changer.

II. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

Ayant tout disposé, comme dans la premiére Expérience, on reçoit la lumiére réfractée, sur l'angle d'un second prisme *A B*, placé à un pied de distance du premier, ayant son axe dans une situation verticale, comme il est représenté par la *Fig.* 4.

EFFETS.

Tous les rayons qui viennent du premier prisme étant reçus sur le second, se détournent de côté, & vont former sur un carton blanc qu'on leur présente, une image semblable par ses dimensions, & par l'arrangement de ses couleurs, à celle de la premiére Expérience, avec cette seule différence, qu'elle n'est plus dans une situation verticale, mais inclinée.

EXPLICATION.

Les deux prismes se croisant à angles droits, les réfractions causées par le second ne peuvent manquer de faire aller de droite à gauche, ou de gauche à droite, les rayons que le premier a détournés de bas en haut: voilà pourquoi la situation de l'image, qui étoit verticale dans l'Expérience précédente, est devenue oblique dans celle-ci. Mais ce qu'il y a d'essentiel à observer ici, c'est que les couleurs sont toujours les mêmes; que leurs positions respectives ne sont point changées, & que l'image est constam-

XVII. LEÇON.

ment de la même largeur : car, comme il n'eſt pas douteux, que dans la premiére épreuve la portion jaune du rayon de lumiére s'eſt ſéparée de la rouge & de la bleue, parce qu'elle s'eſt réfractée moins que celle-ci, & plus que celle-là; ſi toutes les couleurs gardent conſtamment le même ordre entr'elles, dans quelque ſens qu'on les réfracte après leur ſéparation, n'a-t-on pas tout lieu de croire qu'elles ſont inaltérables, & qu'elles appartiennent inſéparablement aux rayons qui les portent? & ſi la longueur de l'image colorée venoit d'une ſimple dilatation ou éparpillement de la lumiére réfractée, comme l'ont prétendu quelques Auteurs, on ne voit pas pourquoi le ſecond priſme ne produiroit point en largeur, ce que le premier a fait en hauteur. Il devroit étendre la portion rouge, la jaune, la verte, &c. en autant de bandes auſſi longues que la premiere image *MN*, & le tout enſemble devroit former un quarré comme *Mm*, *Nn*; au lieu qu'on répond à tout, en diſant, que ces portions de lumiére colorée étoient d'abord réunies & mêlées enſemble

dans l'espace circulaire qu'on voit en *I*, *Fig*. 3. & que les réfractions plus fortes par dégrés n'ont fait que les transporter les unes au-dessus des autres, sans amplifier les cercles qu'elles étoient capables de former : l'expérience même vient à l'appui de cette explication. Avec un peu de soin & d'adresse, il est possible de voir successivement la plûpart des cercles colorés, dont on suppose ici que l'image total *M N* est formée, en procédant de la maniére suivante.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Répétez la premiére Expérience : ayez des morceaux de verre fort épais, dont un soit rouge, un autre vert, un troisiéme d'un bleu extrêmement foncé : assûrez-vous que ces verres ont des surfaces bien planes & paralleles entr'elles, & représentez-les successivement aux rayons réfractés à un pied de distance après le prisme.

EFFETS.

Chacun de ces verres ne laisse passer que l'espéce de lumiére dont la

XVII. LEÇON.

couleur eſt analogue à ſa tranſparence (*a*); & le carton blanc ſur lequel on la reçoit, ne repréſente à chaque épreuve qu'un cercle, (*b*) uniformément coloré, dont le diamétre égale celui du cercle lumineux qui paroît en *I*, quand le rayon ſolaire y va en droite ligne, & ſans réfraction. De plus on remarque que le cercle vert ſe va placer ſur le carton *plus* haut que le rouge, & plus bas que le *bleu*; de ſorte qu'on peut légitimement conclure de cette Expérience, que ſi l'on avoit autant de corps différemment colorés & tranſparens, qu'il y a de différentes eſpéces de rayons dans la lumiére, on auroit, les uns

(*a*) Pour faire cette Expérience avec ſuccès, il faut choiſir des verres très-foncés en couleur: ſans quoi les rayons rouges & les jaunes qui ſont très-forts, paſſent en partie & font un cercle foible de leur couleur, qui couvre un peu celui qu'on a intention de voir ſeul.

(*b*) Quand on fait cette épreuve, on doit avoir ſoin de tourner le priſme ſur ſon axe, juſqu'à ce que l'image ceſſe de monter, pour commencer à deſcendre, ſans quoi, au lieu d'un cercle, on auroit un ovale; & avec cette précaution même, l'image circulaire dont je parle, n'eſt point renfermée dans un cercle pris à la rigueur Mathématique.

après les autres, tous les cercles dont l'image *M N* eſt compoſée.

XVII. LEÇON.

Les rayons conſervent conſtamment leur dégré de réfrangibilité, & leurs couleurs propres, non-ſeulement après une ſeconde réfraction, comme on l'a prouvé par la ſeconde Expérience, mais encore après une troiſiéme, une quatriéme, &c. « J'ai » mis quelquefois, dit Newton, un » troiſiéme priſme après le ſecond, » & un quatriéme après le troiſiéme, » afin que par tous ces priſmes l'i- » mage pût être ſouvent rompue de » côté; mais les rayons qui ſouf- » froient dans le premier priſme une » plus grande réfraction que le reſte, » en ſouffroient une plus grande dans » tous les autres priſmes; & cela ſans » que l'image fût aucunement dilatée » de côté. C'eſt donc à juſte titre, con- » clud-il, que ces rayons conſtans à » être plus rompus que les autres; ſont » réputés plus réfrangibles (*a*) » : ce qui ſe peut encore prouver de la maniére ſuivante.

(*a*) Traité d'Op. Liv. 1 Part. 1. Prop. 2.

XVII. LEÇON.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Ayant réfracté, comme dans la première Expérience, un rayon solaire de la grosseur du doigt, on éleve verticalement un peu plus loin que le prisme une planche mince, d'environ un pied de large en tout sens, percée au milieu d'un trou rond qui ait à peu près un quart de pouce de diamétre, pour recevoir & transmettre une partie de la lumiére réfractée. A 10 ou 12 pieds de-là, vers le fond de la chambre, il faut élever une pareille planche, par le moyen de laquelle on puisse encore intercepter une grande partie de la lumiére qui aura passé par l'ouverture de la premiére, & placer derriére, vis-à-vis du trou, l'angle d'un autre prisme, pour réfracter encore la petite portion de lumiére colorée qui sera transmise : voyez la *Fig.* 5.

Les planches dont il est fait mention ici, & dont on n'a marqué que les places & la situation, par les lignes *P Q*, *p q*, sont garnies par en-bas d'une tige de métal qui s'enfonce

plus

plus ou moins dans un pied, & qui s'arrête à telle hauteur que l'on veut, par la pression d'une vis *O*, *Fig.* 6. le trou qui est au milieu a près d'un pouce de diamétre, & se rétrécit à volonté ; par le moyen d'une platine de cuivre mince, taillée en demi-cercle, ayant vers la demi-circonférence plusieurs trous de différentes figures & grandeurs, & tournant sur le centre du cercle dont elle fait partie, de maniére, que tous ses trous peuvent répondre l'un après l'autre à celui de la planche.

En faisant tourner doucement le premier prisme sur son axe, on doit faire ensorte que les rayons réfractés passent successivement par le trou *X* de la premiére planche, & de-là par celui de la seconde jusqu'au prisme *s t v*, & prendre soin que ces trois piéces, sçavoir, les deux planches & le second prisme, demeurent bien fixes, afin que tous les rayons qu'on veut éprouver, ayent toujours une incidence égale sur la face *s t*.

On doit encore opposer à quelques pieds au-delà un carton blanc, comme *Y y*, pour recevoir les rayons qui au-

XVII. Leçon. ront été brisés par le dernier prisme ; & marquer exactement la place où chacun d'eux ira se rendre.

Effets.

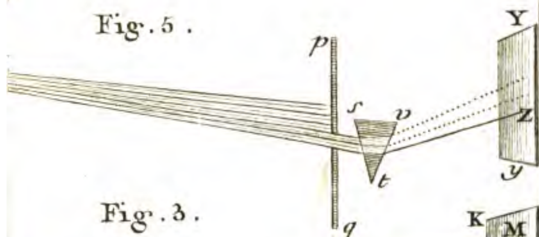
En procédant de cette maniére, on observe constamment, que le rayon rouge s'éleve au point *Z*, le jaune un peu plus haut, le bleu & le violet encore davantage.

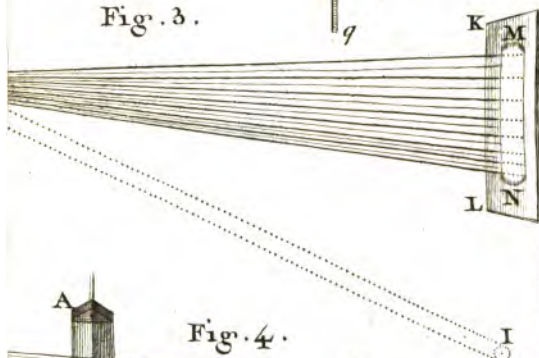
Il paroît donc évidemment par cette Expérience, que les rayons qui se sont le plus rompus en passant par le premier prisme, sont aussi ceux qui souffrent les plus grandes réfractions, en passant par le second. Ajoutons encore une preuve à celles que je viens de rapporter.

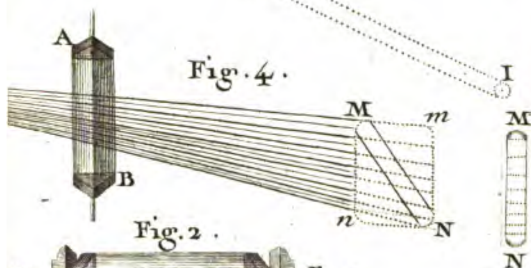
V. EXPERIENCE.

Preparation.

Prenez une bande de carton de la largeur de deux doigts, & longue de 5 à 6 pouces : partagez-en la longueur en deux parties égales, par une ligne perpendiculaire aux deux côtés, comme *A B*, *Fig.* 7. Collez sur l'une de ces deux moitiés *A B C D*, un morceau de drap teint en gros bleu,


Fig. 5.
p
s
v
Y
Z
t
y
q


Fig. 3.
K
M
L
N
I


A
Fig. 4.
M
m
B
n
N
M
N

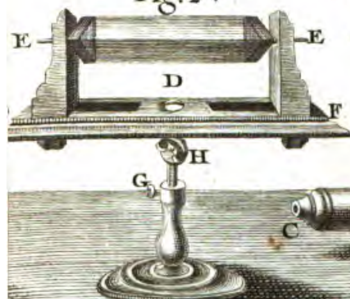

Fig. 2.
E
E
D
F
H
G


Fig. 1.
A
C
B

& couvrez l'autre avec du drap teint en écarlate, ou en cramoisi. Placez cette piéce sur le plancher d'une chambre à 5 ou 6 pieds de la fenêtre, de maniére que le jour tombe bien dessus ; puis, en vous reculant huit ou dix pieds plus loin, vers le fond de la chambre, regardez-la à travers l'angle d'un prisme, dont la longueur soit parallele à celle du carton de deux couleurs, & l'un & l'autre encore paralleles à l'horison & à la largeur de la fenêtre. Voyez la *Fig.* 7.

EFFETS.

Si l'angle réfringent du prisme est tourné en haut, comme *E*, l'image du carton paroît élevée vers *F*, & la partie *a b c d* qui est bleue, l'étant davantage, semble se séparer de l'autre.

EXPLICATION.

L'oeil qui regarde par le prisme apperçoit le carton *CDGH* par des rayons de lumiére, qui tombant de la fenêtre sur cette surface rouge & bleue, sont réfléchis vers lui ; mais comme cette lumiére se brise dans l'angle du prisme, avant que d'arriver

XVII. LEÇON.

à lui, il voit l'objet dans la direction des rayons réfractés, c'est-à-dire, plus haut que son vrai lieu. Si ce premier effet de la réfraction étoit égal pour tous les rayons, tant bleus que rouges, chaque point de la surface *C D G H*, conserveroit sa premiére position dans l'image, laquelle seroit par-là d'une figure tout-à-fait conforme à celle de son objet. Mais puisque la partie *a b c d* paroît plus élevée que l'autre, c'est une marque certaine que la réfraction a été plus forte pour la lumiére bleue que pour la rouge; & si l'on doutoit que ce fût là la vraie raison de cet effet, on pourroit s'en convaincre aisément, en couvrant la partie *A B C D* successivement avec des morceaux de drap verd, jaune, rouge; car on verra, si l'on en fait l'épreuve, la partie correspondante *a b c d* de l'image se rapprocher du niveau de l'autre, à mesure que la couleur indiquera une lumiére d'une réfrangibilité moins différente, ou plus analogue.

On voit donc par toutes ces preuves, que les rayons de lumiére qui se distinguent par des couleurs propres,

XVII. LEÇON.

différent aussi très-constamment par leurs dégrés de réfrangibilité, & que cette différence est entr'eux, non un accident, mais une propriété qui tient à leur nature, & que rien ne peut faire changer. L'image oblongue de la premiére Expérience conserve toujours ses couleurs dans le même ordre, quoique les rayons dont elle est formée, se réfractent de nouveau, en passant par un ou par plusieurs prismes.

La même chose se voit encore, si l'on employe des miroirs de toutes les formes imaginables, pour les réfléchir. La figure de l'image & sa grandeur peuvent varier suivant la nature des surfaces réfléchissantes; le miroir convexe l'affoiblit en l'amplifiant; parce qu'en général il raréfie la lumiére : le concave la resserre de plus en plus, jusqu'à un certain point, après quoi, il la renverse, & l'aggrandit en diminuant son éclat, le miroir cylindrique lui donne l'apparence d'un bel arc-en-ciel; mais dans tous ces changemens, les couleurs se conservent les mêmes, & gardent toujours leurs positions respectives : ce qui

XVII. LEÇON.

garantit aux rayons de lumiére, des dégrés de réfrangibilité inaltérables.

Newton, en éprouvant par la réflection ces différens dégrés de réfrangibilité, qu'il avoit découverts dans la lumiére, trouva de plus que les rayons les plus réfrangibles étoient en même-tems les plus réflexibles: c'est-à-dire, qu'à incidences égales, les bleus, par exemple, qui se réfractent plus que les rouges, se réfléchissent aussi plutôt qu'eux. Voici comme il s'assûra de cette nouvelle découverte.

VI. EXPERIENCE.

Preparation.

Ayez un prisme rectangulaire, comme *I K L*, *Fig.* 8. placez-le sur son support, de maniére qu'un rayon solaire un peu moins gros que le petit doigt introduit, comme il a été dit ci-dessus, dans une chambre bien fermée, tombe perpendiculairement, ou à peu près, sur un des côtés *I K*, & se réfracte en *M*, pour former une image colorée sur un carton blanc *N N* élevé verticalement 5 ou 6 pieds plus loin. Faites tourner ensuite dou-

cement le priſme ſur ſon axe dans l'ordre des lettres *I K L*, & préparez un autre priſme, dont les deux plus grandes faces forment entr'elles un angle d'environ 55 dégrés, comme *T V X*.

EFFETS.

Lorſqu'en faiſant tourner le priſme *I K L*, on fait faire au rayon ſolaire incident avec la baſe *I M* du priſme, un angle qui atteint à 50 dégrés, une partie des rayons qui s'étoient réfractés vers le carton *N N*, ſe réfléchiſſent en droite ligne du point *M* vers *O*.

Alors ſi l'on oblige cette lumiére réfléchie à paſſer par le ſecond priſme *T V X*, elle s'y réfracte, & ſe fait voir avec ſes différentes couleurs ſur un autre carton blanc *P P* qu'on lui oppoſe, avec ces deux circonſtances qu'il faut bien remarquer : 1°. Les rayons violets & les bleus arrivent les premiers, & vont ſe placer vers *q*; les verds & les jaunes au-deſſous, comme en *r*, & en dernier lieu les rouges qui ſe placent encore plus bas en *s*. 2°. Les rayons qui paſſent par réflection vers le ſecond priſme, paroiſſent manquer en même-tems à l'image co-

XVII. LEÇON.

lorée du carton *NN*; de sorte que ce qui disparoît d'abord en Q, commence à se faire voir en *q*, & que ce qui se perd ensuite en *R* & en *S*, se retrouve aussi-tôt en *r* & en *s*.

EXPLICATION.

Quand le rayon solaire incident fait un angle un peu plus grand que de 50 dégrés, avec la base *IM* du prisme, il tombe presque à angles droits sur le côté *IK*: ce qui rend sa réfraction nulle ou insensible; c'est pourquoi il passe en droite ligne jusqu'en *M*. Mais en sortant fort obliquement de la base *IL*, il se réfracte à proportion; & c'est par cette raison qu'il se dilate comme dans la premiére Expérience, faisant sur le carton *NN* une image de diverses couleurs, dont les bleus & les violets occupent la partie la plus élevée Q; les jaunes & les rouges, la partie la plus basse *S*, & les verds, la partie moyenne *R*.

Dès qu'en tournant le prisme sur son axe, on fait faire au rayon incident un angle un peu moindre que de 50 dégrés, avec la partie *MI* de la base du prisme, la lumiére ne pas-

se plus en totalité du verre dans l'air : une partie se réfléchit en droite ligne du point *M* vers *O* ; je dis en droite ligne, parce que traversant le côté *KL* à angles droits, ou à très-peu près, elle ne se réfracte point sensiblement, quoiqu'elle passe du verre dans l'air.

Or, si toute la lumiére du rayon incident étoit également réflexible, pourquoi ne se releveroit-elle pas entiérement du premier coup ? pourquoi les parties de l'image qu'on voit sur le carton *NN*, ne disparoîtroient-elles que successivement, & à mesure qu'on donne au rayon incident une plus grande obliquité ?

Il est donc certain qu'il y a dans la lumiére des parties plus réflexibles les unes que les autres ; puisqu'à incidences égales, toutes celles du rayon solaire employé dans notre Expérience, ne se réfléchissent pas ensemble.

Et puisque les rayons violets & les bleus, qui sont reconnus pour être les plus réfrangibles, sont aussi les premiers à se réfléchir ; que les jaunes & les rouges qui se réfractent le moins,

XVII. LEÇON.

ne se réfléchissent jamais qu'après les autres; on peut dire en général avec Newton, que la lumiére est composée de parties hétérogênes, dont les différences se manifestent, par des dégrés constans de réfrangibilité & de réflexibilité, & que celles-là sont de leur nature les plus réflexibles, qui sont les plus réfrangibles.

Outre ces différences qui établissent l'hétérogénéité de la lumiére, & que je viens de prouver par des faits qui me paroissent décisifs, il y a encore celle des couleurs, qui n'est pas moins constante, & qui fait le principal objet de cet article. Suivons toujours le sçavant Auteur qui nous l'a fait connoître, & rappellons ici quelques-unes de ses preuves; mais auparavant, convenons avec lui de quelques termes nécessaires pour nous faire mieux entendre.

Nous appellerons *lumiére hétérogêne* ou *composée*, celle qui vient immédiatement d'un astre, & qui ne fait sentir aucune couleur.

Nous nommerons *lumiére homogêne* ou *simple*, celle qui a été démêlée par la réfraction ou autrement, & qui pa-

roit sous une de ces sept couleurs, rouge, orangé, jaune, verd, bleu, indigo, violet.

Comme l'image colorée, formée par les rayons réfractés dans la premiere Expérience, résulte d'une suite de cercles de diverses couleurs, couchés en partie les uns sur les autres, on doit penser, que les rayons d'un certain ordre sont mêlés avec ceux des autres espéces qui précédent & qui suivent, & qu'il n'y a tout au plus que les deux extrêmités de cette image, qui puissent fournir une lumiére homogêne ou simple : si l'on veut donc éprouver quelqu'une de ces espéces séparément des autres, pour voir si sa couleur est indécomposable, il faut choisir l'extrême rouge ou l'extrême violet, ou bien trouver quelque moyen par lequel on puisse compter d'avoir les autres couleurs entiérement séparées : le premier parti est le plus facile à prendre, & celui qui convient le mieux, quand on veut se contenter de faire voir l'immutabilité de la couleur dans une ou deux espéces ; mais si l'on prend à cœur de faire la même chose

XVII. LEÇON.

pour toutes, on en peut venir à bout, en procédant de la maniére suivante.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Introduisez dans une chambre bien obscure un rayon solaire de la grosseur d'une plume à écrire : à 10 ou 12 pieds de la fenêtre par où passe ce rayon, recevez-le sur une *lentille* de verre *AB*, *Fig.* 9. qui ait son foyer à 3 ou 4 pieds de distance : immédiatement après cette lentille, présentez un prisme *CD*, à travers lequel le cône de lumiére formé par la lentille soit obligé de passer, & recevez la lumiére réfractée sur un carton blanc, que vous tiendrez à une distance à-peu-près égale à celle du foyer de la lentille.

EFFETS.

Le cône de lumiére réfracté par le prisme, produit sur le carton une image oblongue & fort étroite, dont les couleurs sont plus distinctes qu'elles n'ont coutume de l'être, quand on fait la même expérience sans faire passer les rayons incidens par une lentille.

EXPLICATION.

Si le jet de lumiére qui vient par la fenêtre ne rencontroit ni lentille ni prisme, il iroit en droite ligne former le cercle lumineux *a b c d*. En passant par la lentille, cette lumiére devient convergente, & se rassemble dans un petit espace au centre de ce cercle : lorsqu'on fait passer ensuite ce cône total de lumiére par un prisme, il se réfracte & se divise en autant de cônes particuliers, qu'il y a d'espéces de rayons & de nuances dans chaque espéce. Or, comme ces espéces sont au nombre de sept, avec une infinité de nuances intermédiaires, on doit penser que l'interposition du prisme après la lentille, occasionne un nombre infini de cônes, à la pointe desquels chaque espéce de lumiére se trouve concentrée dans un très-petit espace circulaire ; & comme les centres de ces cercles demeurent aussi distans les uns des autres, dans l'image rétrécie *e f*, *Fig.* 10. que dans la plus large *E F*, produite sans lentille & par la seule interposition du prisme, il est évident, que

XVII. Leçon.

la lumiére de chaque eſpéce doit être non-ſeulement plus forte, étant concentrée par la lentille, mais auſſi plus pure & plus dégagée des autres, puiſque les petits cercles, qui expriment les eſpéces entre *ef*, n'anticipent pas les uns ſur les autres, comme ceux qui ſont compris entre *E F*.

En uſant de ce moyen pour avoir les couleurs plus ſéparées les unes des autres, ſi l'on trouvoit l'image *ef* trop étroite, on peut la rendre plus large, en faiſant paſſer le rayon ſolaire qui entre dans la chambre, non par un trou rond, mais par une ouverture étroite & longue, ayant attention que la longueur ſoit parallele à celle du priſme. Alors l'image *ef* prendra la forme d'un quarré long, comme *g h i k*, *Fig.* 11. les couleurs ſeront par bandes, auſſi vives & auſſi pures qu'auparavant, & l'on pourra ſûrement & commodément faire des épreuves ſur toutes les couleurs, excepté peut-être l'indigo & le violet, qui ſont des lumiéres très-foibles d'elles-mêmes, & qui s'altérent aiſément par le mélange

presqu'inévitable de celle qui se répand irréguliérement dans la chambre.

Cet effet, dont je donne pour garans la parole de Newton (*a*) & ma propre expérience, (*b*) tient pourtant à quelques conditions qu'il est bon d'annoncer ici. Il faut que l'ouverture par laquelle passe le rayon

(*a*) Traité d'Optique sur la lumiére & sur les couleurs. Liv. 1. *Part.* 1. *Exp.* 2.

(*b*) Il y a plus de 25 ans que je répéte cette Expérience, & que je vois le résultat énoncé ci-dessus, conformément à ce qu'a dit Newton. Cependant un Auteur célébre que j'estime beaucoup, m'a cité, il n'y a pas si long-tems, comme lui ayant dit qu'elle ne me réussissoit pas. Je ne me souviens nullement ni de ce qu'il m'a demandé à cet égard, ni de ce que je lui ai répondu : mais comme je vois par la lecture de son ouvrage, qu'il a cherché dans cette Expérience un autre résultat, que celui qui est annoncé par Newton, il peut se faire que je lui aye répondu négativement, lorsqu'il m'aura demandé, sans autre explication, si j'étois jamais venu à bout de produire l'effet qu'il avoit en vue. Je suis forcé de mettre ici cette Note, parce qu'un Auteur Hollandois, qui a publié *les Elémens de Philosophie*, fondé apparemment sur ce mal-entendu, me met au rang de ceux qui disent avoir tenté sans succès l'Expérience dont il s'agit, & me fait partager avec le R. P. Castel & M. Gauthier, l'honneur, auquel je ne prétends pas, d'avoir pris Newton en défaut.

XVII. LEÇON.

ſolaire, ſoit au plus d'une ligne de large; que la lentille ſoit environ à 12 pieds plus loin; que ſon foyer ſoit un peu long, comme de 9 à 10 pieds; que l'angle réfringent du priſme ait au moins 60 dégrés. Tout cela étant obſervé, on trouve que l'image *e f* eſt un peu plus de 70 fois plus longue que large, & l'on eſt en droit de conclure, que chaque eſpéce de lumiére y eſt dans la même proportion plus ſimple, que celle qui vient immédiatement du Soleil.

Pour réuſſir encore avec plus de ſûreté, il faut que la chambre ſoit bien obſcure, que le priſme & la lentille ſoient bien travaillés, d'un verre homogêne & bien net, & couvrir, avec du papier noir collé, toutes les parties de ces inſtrumens, qui ſont inutiles à l'expérience, de peur que quelques portions du jet de lumiére réfractées, ou réfléchies irréguliérement, n'altérent ou n'empêchent les effets qu'on attend.

Pour ſçavoir maintenant juſqu'à quel point les couleurs ſont fixes & inaltérables dans la lumiére, on peut les ſoumettre aux épreuves ſuivantes.

VIII.

Fig. 9.

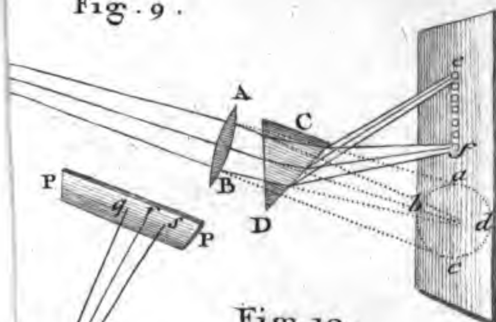


Fig. 10.

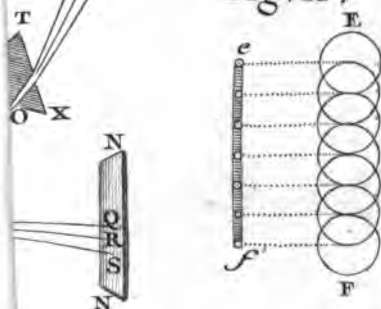
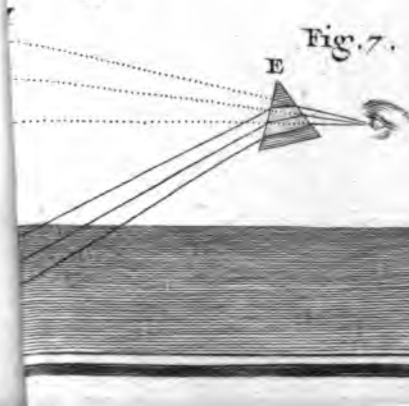


Fig. 7.



VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Faites paſſer comme dans la IVe Expérience un rayon de lumiére homogêne quelconque, par un trou de 2 ou 3 lignes de diamétre, pratiqué au milieu d'une planche mince: ayez un priſme qui ait un angle de 30 ou 40 dégrés, une lentille de verre de 7 à 8 pouces de foyer, des morceaux de verre fort épais de différentes couleurs, des miroirs de toutes les eſpéces, & une planche couverte de morceaux de drap rouge, bleu, noir, jaune, &c.

EFFETS.

1°. Si l'on fait paſſer le rayon de lumiére homogêne par l'angle du priſme, il ſe réfracte, & marque ſur un carton blanc qu'on lui oppoſe, une tache ronde, de la même couleur qu'il a, avant de paſſer par le priſme.

2°. Quand ce même rayon a traverſé la lentille de verre, il forme deux cônes oppoſés par leurs pointes au foyer de ce verre convexe; & en quelqu'endroit que l'on coupe

XVII. LEÇON.

cette lumiére, avec un carton ou une feuille de papier blanc, elle a toujours la même couleur qu'elle avoit avant de passer par la lentille. Elle est seulement plus forte aux endroits où elle est plus resserrée.

3°. Lorqu'on oppose un verre rouge au rayon bleu, ou un verre bleu au rayon rouge, ou il ne passe aucune lumiére, ou le peu qu'il en passe, conserve sa couleur sans altération; la plus grande partie se réfléchit en avant.

4°. Les miroirs de différentes formes sur lesquels on reçoit des rayons homogênes, ne font tout au plus, qu'étendre ou resserrer leur lumiére, sans rien changer à leur couleur.

5°. Ces mêmes rayons teignent de leurs propres couleurs les morceaux de drap qui sont tout différemment colorés, sans en excepter les noirs.

EXPLICATION.

1°. Dans la premiére épreuve, le rayon qui a passé par le prisme, ne fait point sur le carton blanc une image oblongue & de diverses couleurs, comme dans la premiére expérience; parce que toutes ses par-

ties étant également réfrangibles, conſervent, en ſortant du priſme, le parallléliſme qu'elles avoient entr'elles avant que d'y entrer; & comme les parties de la lumiére qui ont le même dégré de réfrangibilité, ſont auſſi de la même couleur, l'image du rayon réfracté dans cette expérience, ne peut avoir qu'une ſeule teinte.

Il faut pourtant convenir, que ſi l'on ne fait point cette épreuve avec bien de la précaution, l'image en queſtion, eſt un peu alongée, & qu'on remarque à ſes extrêmités quelque petite frange de couleurs différentes de celles du rayon; c'eſt ce qui a fait que M. Mariotte & pluſieurs autres perſonnes après lui, ſe ſont inſcrits en faux contre l'expérience de Newton. Mais un Phyſicien de bonne foi, mettra le fait hors de conteſtation, s'il eſſaye de le vérifier dans une chambre parfaitement obſcure, avec un priſme, dont le verre ſoit ſans bouillons & ſans filandres, & dont les côtés ſoient bien droits & d'un beau poli; prenant de plus tout le ſoin poſſible

XVII. LEÇON.

de ſe procurer un rayon d'une lumiére homogêne & ſans mélange.

Si l'on néglige de prendre la premiére de ces trois précautions, la lumiére qui eſt répandue dans le lieu où ſe fait l'expérience, paſſe en partie par le trou de la planche, avec le rayon homogêne; & entrant encore avec lui dans le priſme, elle s'y décompoſe, & ajoute à *l'image* des couleurs que l'on n'y verroit pas ſans cela.

Si le priſme eſt défectueux, il produira des réfractions irréguliéres, & ne démêlera pas, autant qu'il le faut, les différentes eſpéces de lumiére; de ſorte que le rayon qu'on fera paſſer par la planche, ne ſera pas homogêne comme il doit l'être.

Enfin, de quelque cauſe que vienne ce dernier défaut, ſoit qu'on prenne le rayon trop gros, ſoit qu'on le choiſiſſe mal, le ſecond priſme ne manquera pas de le décompoſer, s'il n'eſt pas bien ſimple, & ſa décompoſition s'annoncera par une différence de couleur au bord de l'image.

Mais quelque mal-adroit qu'on ſoit en faiſant cette expérience,

quelque peu de précaution qu'on y prenne, il est aisé de reconnoître, que l'image d'un rayon simple réfracté par un prisme, ne ressemble guéres à celle que produiroit le même prisme avec un rayon de lumiére composée; & si l'on apperçoit dans la premiére quelque petit mélange de couleurs, c'est si peu de chose, en comparaison de ce qui se voit dans l'autre, qu'un esprit sans prévention, aimera toujours mieux attribuer ce petit défaut à l'imperfection des instrumens, ou de la manipulation, que d'en faire une difficulté réelle contre la Théorie de Newton, si bien établie d'ailleurs.

2°. Il arrive à la lumiére simple, qui passe au travers d'une lentille de verre, ce qui arriveroit à un jet de lumiére composée; elle se condense de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle se réunisse dans un foyer; après quoi, elle devient divergente, & se raréfie à mesure qu'elle s'avance plus loin; & cela, par les raisons que j'ai exposées en traitant de la Dioptrique. Mais ces différens dégrés de condensation & de raré-

XVII. LEÇON.

faction, qui la font paroître tantôt plus, tantôt moins forte, ne changent rien à sa couleur: à l'endroit même où elle est le plus resserrée, au foyer de la lentille, elle conserve la même nuance avec plus d'éclat, parce que toutes les parties de cette lumiére étant essentiellement semblables, ne peuvent devenir différentes entr'elles, par cela *seul*, qu'elles sont plus ou moins rapprochées les unes des autres.

3°. Si les couleurs dans la lumiére n'étoient que de simples modifications d'un fluide homogêne, quel moyen seroit plus propre à les produire, que les corps transparens, que nous appellons colorés ? Cependant on voit par le troisiéme résultat, qu'un rayon rouge, auquel on oppose un verre bleu, ou un rayon bleu auquel on oppose un verre rouge, ou se réfléchit en entier, ou que s'il y passe en partie, il conserve sa premiére couleur sans altération. (*a*) C'est que ces sortes

(*a*) Pour faire cette expérience avec succès, il faut des verres bien épais & d'une couleur bien foncée ; & lorsqu'on reçoit le rayon bleu

de corps diaphanes ne ſont pas des milieux capables de colorer la lumiére, mais des eſpéces de cribles analogues par leur poroſité à tel ou tel ordre de rayons. La lumiére rouge, par exemple, ſe crible aiſément par le verre qui refuſe le paſſage aux rayons bleus; & ceux-ci paſſent avec liberté par une autr verre, qui réfléchit preſqu'entiérement les rayons rouges.

4°. On voit par le ſecond réſultat, que la lumiére ſimple ne change point de couleur, pour être plus ou moins reſſerrée par réfraction; ſoumiſe à la même épreuve par la réflection des miroirs, elle ne change point davantage, & c'eſt toujours par la même raiſon; ſa couleur tient à ſa nature, & non pas à ſa denſité accidentelle plus ou moins grande.

5°. Enfin quand un rayon rouge, jaune ou bleu, tombe ſur une ſurface quelconque, ou il s'y éteint, ou il eſt réfléchi, & rend viſible l'endroit ſur lequel il eſt tombé; dans le dernier cas, l'objet s'apperçoit ſous la couleur propre de la lumiére qui

ſur le verre rouge, il faut avoir ſoin encore que ce rayon ſoit bien pur & que la chambre ſoit bien obſcure.

XVII. LEÇON.

l'éclaire, parce que cette couleur appartient à la lumiére, qu'elle est inaltérable & à l'épreuve des surfaces qui la réfléchissent, comme des corps diaphanes qui la transmettent.

Tout le monde sçait, que quand on mêle ensemble du rouge & du jaune clair, on produit une couleur assez semblable à celle de l'orange, ou de la fleur appellée *soucy*: on sçait encore, que le mélange du bleu & du jaune est verd, & que celui du pourpre avec le bleu, peut faire une nuance qui ressemble à la couleur de l'indigo. Cela peut porter à croire, que parmi les couleurs prismatiques, l'orangé, le verd & le premier violet, sont des couleurs composées, & qu'il n'y a véritablement que les quatre autres qui soient primitives, ou simples. Cette pensée, sans doute, s'est présentée à Newton, comme à tous ceux qui l'ont conçue depuis; mais au lieu de s'y arrêter, comme ont fait quelques Auteurs, sans se donner la peine d'approfondir la question, ou en s'appuyant sur des faits mal observés, il a examiné avec attention ce qu'il

qu'il en étoit, & s'est assuré par les Expériences suivantes, que les trois couleurs sur lesquelles il avoit des doutes, étoient simples & primitives comme les autres.

IX. EXPERIENCE.

Preparation.

Vers le fond d'une chambre bien obscure, on éleve sur un pied qui se hausse & se baisse à volonté, une planche mince *A B*, *Fig.* 12. plus longue que large, percée dans une ligne verticale vers le milieu de sa largeur, de deux trous ronds *C*, *D*, qui ont chacun quatre lignes de diamétre, & qui sont écartés de 7 à 8 pouces l'un de l'autre : à quelques pieds de distance derriére cette planche, est un carton blanc *EE*, élevé de même, & qui peut s'approcher & se reculer suivant le besoin.

En suivant le procédé de la VIIe Expérience, on fait passer par le trou *D*, un rayon rouge bien pur, qui fait en *F* sur le carton, une image ronde de cette couleur. Ensuite par le moyen d'un second rayon solaire,

XVII. LEÇON.

réfracté comme le premier, mais en sens contraire, on fait passer par l'autre trou *C* de la planche, un rayon jaune citron, de maniére que son image se place précisément sur la premiére qui est rouge.

En faisant tourner doucement les deux prismes *G*, *g*, sur leurs axes, & en changeant un peu les distances respectives de la planche aux prismes, & du carton à la planche, on fait de même coincider successivement le jaune de l'un des rayons solaires avec le bleu de l'autre, & pareillement le bleu & le dernier violet.

Après avoir ainsi formé des images composées de deux couleurs, on en fait naître de semblables avec des lumiéres simples, en bouchant l'un des deux trous *C*, ou *D*, & faisant passer successivement sur le carton des portions de lumiére, orangée, verte & indigo, de l'un des deux prismes.

Après cela, on compare les derniéres images avec les premiéres, en regardant les unes & les autres au travers d'un prisme *H*.

EFFETS.

Chacune des images produites par la lumiére venant d'un ſeul priſme G, ou *g*; ſoit qu'on la voye à travers le priſme *H*, ſoit à la vûe ſimple, paroît toujours ronde, & d'une couleur uniforme dans toute ſon étendue.

Les images compoſées qui paroiſſent de même à la vûe ſimple, lorſqu'on les regarde par le priſme, deviennent un peu ovales, & l'on voit l'une des deux couleurs déborder l'autre.

EXPLICATION.

Nous avons vu par les expériences précédentes, qu'une lumiére ſimple, dès qu'elle eſt ſéparée des autres eſpéces, ne ſe décompoſe plus, quoiqu'on la réfracte encore pluſieurs fois; & c'eſt pourquoi la petite image ronde qui vient d'un ſeul priſme, garde conſtamment ſa couleur uniforme & ſa figure, quoiqu'on la regarde à travers le priſme *H*. Car tous les rayons de lumiére qui la rapportent à l'œil, étant d'une égale réfrangibilité, ſe rompent dans le

XVII. LEÇON.

verre ſans changer de poſition entr'eux ; & comme ils ſont auſſi tous de la même couleur, l'image qu'ils peignent au fond de l'œil, doit être de la même nuance dans toute ſon étendue.

Par des raiſons contraires, l'image formée de deux couleurs mêlées enſemble, doit devenir ovale, & l'une des deux couleurs doit déborder l'autre, comme on voit que cela arrive en effet.

On a donc raiſon de regarder comme couleurs ſimples & primitives, l'orangé, le verd & l'indigo, qui ſe remarquent dans l'image colorée produite par le priſme, puiſque ces trois couleurs ne ſe décompoſent point, & que ces eſpéces de lumiéres ont des dégrés de réfrangibilité qui les diſtinguent conſtamment des autres.

Mais, dira-t-on, ſi les couleurs réſident vraiment dans la lumiére du ſoleil, pourquoi ne les y voit-on pas naturellement & ſans le ſecours des priſmes ?

A cela, je réponds 1°. Qu'on les y voit en certains cas ; tout le monde ſçait, par exemple, que quand on

a regardé pendant un inſtant le ſoleil en face, ſi l'on ferme les yeux, ou que l'on entre dans un lieu obſcur, il reſte des impreſſions de rouge, de jaune, de verd, de bleu, &c. qui ne peuvent avoir d'autre cauſe que les rayons ſolaires qui ont touché l'organe. Lorſque la lumiére du ſoleil introduite par un très-petit trou dans un lieu fort ſombre, ou réfléchie par un corps poli, forme un point très-lumineux, on y remarque des petits filets de toutes les couleurs, qui font comme une eſpéce de houppe : on remarque encore les mêmes choſes dans beaucoup d'autres cas, pour peu qu'on veuille y faire attention.

2°. Il eſt vrai, que pour l'ordinaire, la lumiére du jour, & même celle qui vient immédiatement du ſoleil en forme de rayons, ſe préſente à nos yeux ſans couleur ; c'eſt-à-dire, que l'impreſſion qu'elle fait, ne reſſemble à aucune de celles qu'on éprouve quand on la regarde après l'avoir fait paſſer par l'angle d'un priſme : elle ne réveille en nous, ni l'idée de rouge, ni celle de jaune, ni celle de bleu, &c. Sur cela, New-

XVII. LEÇON.

ton nous apprend, que la lumiére en cet état, est un composé de ses différentes espéces mêlées dans une juste proportion, & que le brillant éclat dont elle frappe nos yeux, résulte du mélange exact de toutes les couleurs : l'impression qu'elles font toutes ensemble, n'excite en nous aucune des idées qu'elles font naître séparément; comme dans les couleurs artificielles, le verd ne nous rappelle, ni le jaune, ni le bleu, dont il est composé; comme dans l'usage des autres sens, la plûpart des sensations mixtes, laisse ignorer les causes particuliéres qui y contribuent. Mais ce n'est point assez d'exposer cette doctrine, il faut la prouver.

X. EXPERIENCE.

Preparation.

Cette expérience se prépare comme la premiére : il faut de plus avoir une bonne lentille de verre, qui ait 3 ou 4 pouces de diamétre, 7 à 8 pouces de foyer, & qui soit montée dans une chape avec un manche, pour être maniée plus commodément, *Fig.* 13. A trois ou quatre pieds du pris-

me, recevez les rayons réfractés perpendiculairement sur le milieu de la lentille *I K*, & ayez un carton blanc que vous leur opposerez à différentes distances de cette même lentille, quand ils en seront sortis.

EFFETS.

1°. Les rayons, en passant par la lentille *I K*, prennent la forme de deux cônes opposés par leurs pointes. Si l'on présente le carton blanc depuis la lentille jusqu'au foyer *L*, l'image formée par la lumiére, va toujours en diminuant de grandeur, & demeure droite. Si l'on passe le foyer en continuant d'éloigner le carton, l'image devient de plus en plus grande; elle paroît renversée: dans l'un & dans l'autre cas, elle a toutes ses couleurs.

2°. Quand on arrête le carton justement en *L*, & qu'on tient sa surface bien perpendiculaire à l'axe du cône de lumiére, on ne voit dessus qu'un petit cercle très-brillant & sans couleur, comme on le verroit au foyer de la même lumiére, exposée immédiatement aux rayons du soleil.

XVII. LEÇON.

3°. Ce petit cercle perd une grande partie de son éclat, & reçoit des couleurs, lorsqu'on intercepte, avec le bord d'une carte à jouer, le quart ou la moitié des rayons réfractés, soit avant, soit après la lentille.

EXPLICATION.

La forme que prennent les rayons en passant par la lentille, les décroissemens de l'image depuis ce verre jusqu'à son foyer *L*, ses accroissemens après, sont les effets ordinaires d'un corps réfringent, dont la figure est lenticulaire, & que j'ai expliqués ailleurs : nous avons vû précédemment aussi, que les rayons de différentes espéces, étant une fois séparés, conservent & continuent de faire voir leurs couleurs, quoiqu'on les rapproche plus ou moins les uns des autres : ainsi la convergence qu'ils acquierent en traversant l'épaisseur de la lentille, la divergence qui leur vient de leur croisement au foyer, ne doivent pas décolorer l'image, mais seulement faire varier sa grandeur & changer sa situation, en faisant paroître en haut les couleurs qui étoient en bas.

Ce qui doit principalement fixer ici notre attention, c'eſt que cette image reſſerrée dans un très-petit eſpace circulaire, y paroît ſans aucune couleur, & qu'elle reprend de nouveau toutes celles qu'elle avoit, lorſque les rayons qui la compoſent, commencent à ſe démêler & à s'écarter l'un de l'autre, après s'être croiſés. Les couleurs n'ont point été anéanties, puiſqu'elles reparoiſſent les mêmes, & dans l'ordre qu'elles ont coutume de garder entr'elles; leur diſparition au foyer, eſt donc l'effet d'une réunion parfaite, & d'un mélange juſtement proportionné; cette derniére condition eſt eſſentielle, puiſque l'on voit par le 3ᵉ. réſultat de notre expérience, que la ſuppreſſion d'une partie des rayons colorés, ne manque pas d'occaſionner une teinte très-ſenſible dans le petit cercle lumineux qui eſt en *L*.

Il paroît donc par les expériences précédentes, & par bien d'autres, que je ſuis obligé de ſupprimer ici, que les couleurs ſont véritablement des propriétés de la lumiére, qu'elles y réſident au nombre de ſept;

XVII. LEÇON.

sçavoir le rouge, l'orangé, le jaune clair, le verd, le bleu céleste, le violet indigo, & le violet pourpre, avec toutes les nuances intermédiaires; que des différentes combinaisons de ces sept espéces, dépendent toutes les autres couleurs qu'on remarque dans la nature, & que leur mélange complet & bien proportionné empêche qu'aucune d'elles ne soit apperçue.

Ces principes bien entendus & maniés avec intelligence, peuvent servir à expliquer tous les effets naturels qui ont rapport aux couleurs : on en voit grand nombre d'applications très-heureuses dans l'Optique de Newton; j'en vais rapporter quelques-unes des plus intéressantes.

APPLICATIONS.

Ce qui surprend, lorsque pour la premiére fois on regarde à travers un prisme quelqu'objet éclairé, c'est cette belle variété de couleurs vives dont il paroît bordé, & quelquefois comme chamaré en différens endroits de sa surface. Voilà ce qui frappe au premier coup d'œil,

& bien des gens n'y voyent que cet effet; mais un observateur attentif, y trouve encore d'autres remarques à faire.

XVII. LEÇON.

Quand l'objet est grand & qu'il est vu de près, les couleurs ne paroissent qu'aux bords, au lieu que s'il est petit & vu d'un peu loin, comme une carte à jouer, par exemple, à 12 ou 13 pieds de distance, il est coloré dans toute sa surface, comme l'image produite par le prisme, dans la premiére expérience.

Lorsque l'objet ne paroît coloré que par ses bords, les côtés opposés le sont différemment, l'un porte du rouge & du jaune, l'autre du verd, du bleu & du violet: & si l'axe du prisme est parallele à la ligne qui joint les deux yeux, ou qu'on le tienne verticalement en ne regardant que d'un oeil, il n'y a que deux bords colorés; dans le premier cas, ce sont ceux d'en bas & d'en haut; dans le second, ce sont les côtés montans: cela se voit tout au mieux, lorsqu'étant dans une chambre, on regarde en plein jour les carreaux de la fenêtre.

Enfin, si c'est un objet lumineux

XVII. LEÇON.

sur un fond obscur, les couleurs qui paroissent aux bords, sont dans un ordre opposé à celui dans lequel on les voit, quand l'objet est obscur sur un fond clair : supposez que dans le premier cas, le rouge & le jaune soient en haut, le bleu & les violets en bas ; dans le second c'est tout le contraire, quoique l'angle du prisme par lequel on regarde, demeure toujours tourné du même sens.

On se rendra raison de ces effets, si l'on fait attention, que la lumiére réfléchie de dessus les objets, comme celle qui vient immédiatement des corps lumineux, se réfracte & se décompose également, en passant par l'angle d'un prisme : car dès que les rayons qui apportent à l'oeil du spectateur l'image d'un morceau de papier blanc ou de tout autre corps éclairé, se plient dans le verre les uns plus que les autres, c'est une nécessité que cette image s'aggrandisse dans un sens, & qu'elle montre distinctement toutes les couleurs de ces rayons démêlés.

Si l'objet peut être compris dans l'angle que forment les rayons les

moins réfrangibles avec ceux qui le ſont le plus, je veux dire les rouges avec les violets, alors toutes les couleurs demeurent contiguës les unes aux autres ſans interruption; mais s'il excede cet angle, les bords oppoſés paroiſſent ſeuls colorés, l'un en rouge & en jaune, l'autre en verd, bleu, & violet : l'eſpace qui eſt entre deux, ſe voit comme à la vûe ſimple, parce qu'il s'y trouve des rayons de toutes les eſpéces, & dans une proportion aſſez grande, pour ne laiſſer ſentir aucune décompoſition de lumiére, pourvu néanmoins que la ſurface de l'objet ſoit uniformément illuminée; car autrement les parties les plus claires, font comme autant d'objets particuliers, de chacun deſquels on peut dire tout ce que nous diſons d'un objet en général.

Pour mieux comprendre tout ceci, jettez les yeux ſur la *Fig.* 14. Soit *A B*, une des dimenſions de l'objet, ſa hauteur, par exemple ; ſans l'interpoſition du priſme *D*, l'œil placé en *C* appercevroit l'objet en queſtion, par tous les rayons directs compris entre *A C* & *B C*. Dès qu'on fera

XVII. LEÇON.

passer cette pyramide de lumiére composée par l'angle du prisme, chaque espéce de rayon va se réfracter suivant que sa nature l'exige : de sorte que si l'on en supprimoit cinq, & qu'il ne restât que les rouges, par exemple, & les violets, il se feroit deux pointes *E*, *F*, de ces mêmes couleurs, & l'œil qui se placeroit à portée de les recevoir, verroit l'objet grand comme *b c*, d'un rouge pur depuis *b* jusqu'en *d*, & d'un violet également homogêne, depuis *a* jusqu'en *c*. Mais la différence de réfrangibilité de ces deux lumiéres, n'étant pas assez grande pour porter l'image *d c* tout-à-fait au-dessus de l'autre *a b*, il est évident que l'espace *a d* paroîtroit sous les deux couleurs, rouge & violet, ce qui le rendroit pourpre.

Ne supprimons plus maintenant les cinq autres espéces ; faisons-les passer avec celles-ci par l'angle du prisme *D* ; au lieu de deux pointes *E*, *F*, il y en aura sept dans les mêmes limites, & l'œil rapportera les images qu'elles lui feront sentir, entre *b c* ; mais dans des bornes plus étroites, de sorte que l'espace *a d* participera

de toutes les couleurs : or, ce mélange récompose la lumiére, & lorsqu'elle est en cet état, les couleurs disparoissent de l'endroit qu'elle illumine. Il n'y a donc que les extrémités *b d* & *a c*, qui demeurent colorées, parce qu'il n'y a que là, où les espéces soient assez démêlées, pour conserver leurs couleurs.

En regardant un carreau de vitre ou quelqu'autre objet semblable, si l'on tient le prisme horizontalement, on ne voit des couleurs qu'aux bords d'en haut & d'en bas, parce que les réfractions ne se font que dans ce sens; c'est-à-dire, que les rayons s'abaissent vers l'oeil en sortant du prisme, si l'angle réfringent est tourné en haut, & que s'il est en bas, c'est tout le contraire. Par la même raison, on ne voit des couleurs qu'aux deux côtés montans, quand la longueur du prisme est dans une situation verticale. Dans l'une & dans l'autre position, les bords colorés demeurent sensiblement droits; cependant si c'étoit un grand objet, quoique sa longueur fût paralléle à celle du prisme, il paroîtroit courbé en forme d'arc,

XVII. LEÇON.

parce que les rayons qui viendroient de ses extrêmités, tomberoient fort obliquement à l'axe du prisme, & ne feroient plus voir ces parties dans le même alignement avec celles du milieu, à cause de la réfraction latérale qu'ils souffriroient. On peut s'assurer de ce fait, en regardant avec le prisme, d'un lieu un peu élevé, la riviére, ou un canal bien éclairé & bien découvert, on aura le plaisir de voir un *arc en terre* tout-à-fait semblable à celui que nous admirons au ciel en certaines circonstances.

L'objet obscur sur un fond clair, fait voir à ses bords des couleurs, dont les situations ne sont pas telles qu'on les doit attendre de la réfraction respective des rayons; les rouges & les jaunes se placent en haut, les bleus & les violets en bas, lorsque par la position du prisme, on a lieu de compter sur un arrangement tout opposé. Supposons, par exemple, que *GHIK*, *Fig.* 15, soit un grand carton blanc attaché contre un mur, & qu'au milieu on ait collé un morceau de drap brun ou quelque chose d'équivalent: si l'on regarde ce dernier objet avec un prisme,

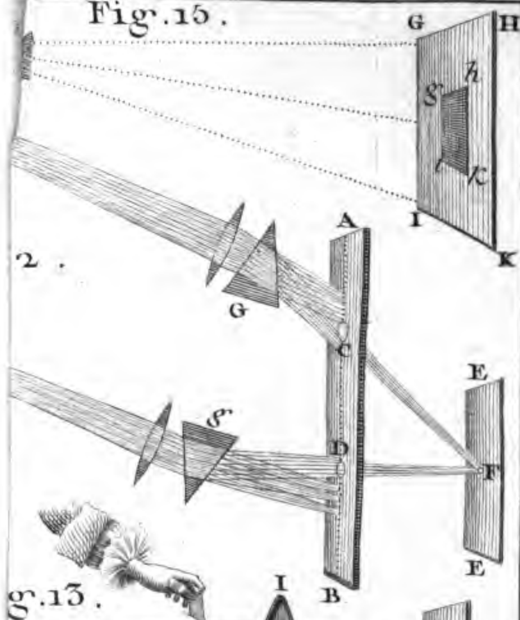
prisme, dont la longueur soit parallele à *GH*, & l'angle réfringent tourné en haut; puisque les rayons rouges & les jaunes sont moins réfrangibles que les autres, ces deux couleurs devroient s'appercevoir au bord inférieur du morceau de drap, & le bord d'en haut devroit être bleu & violet. Il arrive cependant tout le contraire, parce que ces lumiéres réfractées & colorées, qui bordent l'objet qu'on a en vue, ne lui appartiennent pas; elles viennent du fond clair sur lequel il est attaché. Il faut considérer l'objet brun, comme placé entre deux objets blancs, & qui lui sont contigus; ces deux objets sont la partie supérieure *GH*, *gh* du carton blanc, & sa partie inférieure *ik*, *IK*. Le rouge & le jaune qu'on voit en *gh* avec le bleu & le violet qui bordent *GH*, colorent le premier selon les régles; le bleu & le violet en *ik*, avec le rouge & le jaune en *IK*, font la même chose pour le second. Aucune de ces couleurs ne doivent donc être attribuées au morceau de drap; & c'est de cette maniére qu'on doit expliquer tous ces renversemens de

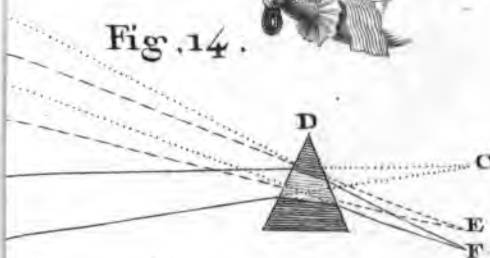
II. O N.

couleurs qu'on croit voir, quand on regarde avec le prisme les différentes parties d'un vaste champ, les endroits plus ou moins éclairés d'une grande surface, des arbres, ou l'horison terminé par un ciel bien lumineux.

Un rayon du soleil tombant obliquement sur la surface de l'eau qui remplit un verre à boire posé sur le bord d'une table, fait voir les couleurs prismatiques à quelques pieds de distance au-delà, ce qui n'arrive pas ordinairement ou d'une maniére bien sensible, quand la lumiére qui a traversé le vase, ne s'étend pas un peu loin après son émersion.

La masse d'eau que traverse le rayon solaire en pareil cas, est un véritable prisme, dont l'angle réfringent est vers le bord du vaisseau; il doit donc produire des effets semblables à ceux d'un morceau de verre solide qui auroit cette forme; mais comme les différens dégrés de réfrangibilité des rayons ne les écartent les uns des autres que sous des angles très-aigus, ce n'est qu'à une distance un peu grande du corps réfringent, qu'ils sont assez démêlés pour paroître avec leurs


Fig. 15.
G
H
g
h
l
k
I
K
A
2.
G
C
E
g
D
F
E
B
g. 13.
I


L
K
Fig. 14.
D
C
E
F

couleurs propres ; plus près du vase, il n'y a tout au plus que les bords de la lumiére émergente qui soient un peu colorés.

Les diamants & sur-tout ceux qui sont *brillantés*, lorsqu'on les plonge dans un rayon solaire, produisent une infinité de petites images colorées, comme celle du prisme, & d'une vivacité admirable : cela vient du grand nombre de leurs facettes, qui forment entr'elles autant de petits prismes : la lumiére incidente se partage en plusieurs petits jets, qui se subdivisent encore sur toutes les faces diversement inclinées du fond, & qui se réfléchissant de-là, ne manquent pas de se décomposer en sortant, s'ils ne l'ont pas été en entrant. Les couleurs sont plus vives avec le diamant qu'avec le verre, parce qu'elles sont mieux séparées, le premier de ces deux corps étant plus réfringent que l'autre, & parce que sa transparence est aussi plus parfaite. La lumiére des bougies produit les mêmes effets, quoiqu'avec moins d'éclat que celle du soleil ; voilà pourquoi les assemblées de nuit sont si favorables aux paru-

res dans lesquelles on fait entrer des
II. pierreries; des jets de lumiére directe,
O N. multipliés dans un lieu où la clarté est toujours moindre que celle du jour, rendent les effets dont nous parlons, & plus sensibles & plus fréquens.

J'ai dit au commencement de cet article, que Newton, dans le tems qu'il cherchoit à perfectionner les télescopes composés de verre, en substituant à la convexité sphérique une autre courbure plus propre qu'elle à rassembler tous les rayons qui partent de chaque point de l'objet, avoit fait une nouvelle découverte, en conséquence de laquelle il étoit impossible, avec quelque sorte de verre que ce fût, de parvenir à cette parfaite réunion. Cette découverte est, que les rayons qui composent la lumiére, sont inégalement réfrangibles, à incidences égales & dans le même milieu, comme je l'ai prouvé d'après ce Philosophe. En effet, comme les verres ne réunissent les rayons qu'en les réfractant, les bleus & les violets se pliant plus que les autres en passant par une lentille, se joindront &

ſe croiſeront néceſſairement plus près du verre, que les rouges & les jaunes, & l'on doit comprendre qu'il y aura toujours autant de foyers à la ſuite les uns des autres, qu'il y a d'eſpéces de rayons différemment réfrangibles; ainſi, lorſque pour conſtruire un inſtrument de dioptrique, on a beſoin de déterminer le foyer d'une lentille, on ne le peut faire que pour une eſpéce de rayons à la fois, & ce point de réunion n'eſt certainement pas celui de toute la lumiére qui paſſe par le verre.

Newton ayant cherché & déterminé par le calcul la diſtance du premier de ces foyers au dernier (*a*),

(*a*) Le ſinus d'incidence de chaque rayon homogêne, eſt en raiſon donnée à ſon ſinus de réfraction. La réfraction des rayons les moins réfrangibles, eſt à celle des plus réfrangibles, à-peu-près comme 27 à 28. Le plus petit eſpace circulaire où les verres d'un téleſcope puiſſent raſſembler toutes ſortes de rayons paralleles, eſt la 55. partie de toute l'ouverture de ce verre.

Si les rayons de toutes les eſpéces venant d'un point lumineux quelconque dans l'axe d'une lentille convexe, ſont réunis par la réfraction en des points qui ne ſoient point trop éloignés de la lentille, le foyer des rayons les plus réfrangibles ſera plus près de la lentille, que celui

XVII. LEÇON.

prouva par l'expérience même, que le défaut qui en résultoit, étoit sensible dans la pratique. Ayant pris un morceau de carton peint moitié en rouge & moitié en gros bleu, comme celui de notre Ve Expérience, il l'enveloppa plusieurs fois suivant sa longueur, avec un gros fil noir, qui formoit comme de grosses lignes sur les deux parties diversement colorées. Il appliqua ce carton contre un mur, de maniére que sa longueur étoit horizontale; il l'éclaira fortement pendant la nuit, en mettant un peu devant une grosse chandelle allumée. A six pieds de distance de-là, il éleva verticalement une lentille de verre, large de quatre pouces & capable de rassembler les rayons réfléchis par les différens points du carton coloré, & de les faire converger vers autant d'autres points, à la

des rayons les moins réfrangibles; & la distance de l'un à l'autre est à la 27 $\frac{1}{2}$ partie de la distance entre le foyer des rayons de moyenne réfrangibilité & la lentille, comme la distance entre le foyer & le point lumineux d'où procédent les rayons, est à la distance entre ce point lumineux & la lentille, à peu de chose près. *Opt. de Newton, p.* 108 *&* 109.

même diſtance de ſix pieds de l'autre côté, & peindre ainſi l'image de cet objet ſur un papier blanc qu'il préſentoit, en l'avançant tantôt plus, tantôt moins, & en obſervant quelle partie du carton coloré ſe peignoit diſtinctement. En procédant ainſi, il remarqua que pour avoir une image diſtincte & bien terminée de la partie rouge traverſée de lignes noires, il falloit porter le papier un pouce & demi plus loin de la lentille, que lorſque la partie bleue ſe peignoit de même; ce qui montre inconteſtablement que les rayons bleus ont leur foyer plus près que les rouges, en paſſant par la même lentille, & que l'objectif d'une lunette ne peut raſſembler dans un même endroit, qu'une partie de la lumiére qu'il reçoit, à moins que l'objet ne ſoit d'une des couleurs priſmatiques, rouge, jaune, verd, ou bleu, &c. (*a*)

(*a*) Depuis la premiere impreſſion de ce Volume, on eſt venu à bout de vaincre cette difficulté qui paroiſſoit inſurmontable, en compoſant l'objectif de la lunette avec deux matieres différemment réfringentes: cet ingénieux moyen fut imaginé & propoſé par M. Euler dès l'année 1747; & l'on auroit joui bien

De tous les phénoménes qui ont plutôt du succès qu'il devoit avoir, s'il n'eût pas fallu pour cela regarder comme faux un fait garanti par une expérience de Newton, qui a montré tant de sagacité & d'exactitude dans toutes celles qu'il a publiées. M. Klingenstierna osa franchir cette barriére en 1755, & détermina M. Dollond, savant Opticien de Londres, à refaire de nouveau cette importante épreuve, sur la foi de laquelle on fondoit l'impossibilité de corriger l'aberration des rayons différemment réfrangibles, en conservant une réfraction qui pliât suffisamment la lumiere vers l'axe de la lunette; heureusement il se trouva que Newton s'étoit trompé, & M. Dollond s'en étant bien convaincu, se mit à faire des objectifs composés de deux especes de verres, qui lui ont très-bien réussi, & avec lesquels une lunette de cinq pieds de longueur équivaut en tout à une lunette de quatorze ou quinze pieds. Alors il ne resta plus à désirer qu'une théorie générale & sûre, qui déterminât les courbures des verres relativement à leurs différents dégrés de réfringence respective pour des lunettes de toutes longueurs, & qui affranchît les Artistes de la nécessité humiliante où ils eussent été de copier servilement les ouvrages de M. Dollond; c'est ce qu'ont fait de la maniere la plus complette Messieurs Clairaut & Dalembert aux Mémoires desquels je renvoie le Lecteur. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* 1756, *pag.* 380; *&* 1757, *pag.* 524. Opuscules de M. Dalembert, Tome 3.

Ceux de mes Lecteurs qui ne seroient pas en état d'entendre les Mémoires que je viens de citer, pourront s'en tenir à la lecture de l'Hi-

rapport

rapport aux couleurs de la lumiére, il n'en est pas de plus beau, ni qui mérite plus notre curiosité & notre admiration, que ce grand arc qu'on voit briller au ciel, lorsqu'ayant le dos tourné au Soleil, on regarde une nuée qui fond en pluie, & qui est éclairée par cet astre, élevé à une certaine hauteur sur l'horison (*a*). De tout tems on en a eu une haute idée; les hommes sauvés du déluge universel, l'ont reçu & regardé comme un signe de paix de la part de Dieu: le Paganisme en a fait une divinité sous le nom d'*Iris*: les Poëtes l'ont célébré de toutes les maniéres (*b*); &

XVII. LEÇON.

stoire de l'Académie 1750, *p.* 112 *& suiv.*

Plusieurs Amateurs & Artistes de Paris guidés par M. Clairaut, ont imité avec succès les objectifs composés de M. Dollond; ce qui les embarrasse le plus, c'est d'avoir des morceaux de verre assez grands & assez nets qui different entr'eux par leur dégré de réfringence, autant qu'il est nécessaire.

(*a*) Le soleil ne produit l'arc-en-ciel que quand il est moins élevé que de 42 dégrés sur l'horison.

(*b*) Dans presque toutes les Poësies galantes, on trouve le nom d'*Iris* pour désigner une beauté rare & touchante. Le P. Noceti, Jés. du Collége Romain, a fait sur l'arc-en-ciel un poëme Latin très-élégant, que le P. Boscowich son confrere a enrichi de Notes très-instructives.

XVII. LEÇON.

les Philosophes de tous les siécles, se sont efforcés d'en connoître & d'en expliquer les causes Physiques.

Antoine *de Dominis*, Archevêque de Spalato, qui écrivoit vers la fin du XVI. siécle, a raisonné sur *l'arc-en-ciel*, mieux que tous ceux qui l'avoient précédé, en attribuant sa forme & ses couleurs, aux rayons du Soleil réfractés & réfléchis par les gouttes de pluie vers l'œil du spectateur. Descartes (*a*) enchérissant sur les explications de ce sçavant Italien, éclaircit encore la matiére; mais il étoit réservé à Newton de la mettre dans son plus grand jour, en appliquant à ce phénoméne, sa découverte de la décomposition de la lumiére, & de la réfrangibilité propre à chaque espéce de rayon : c'est son ouvrage même qu'il faut lire & étudier, si l'on cherche des raisons complettes & exactes de toutes les circonstances; je ne veux exposer ici que ce que tout le monde peut entendre; & pour cela, je suivrai la marche des deux premiers Physiciens que j'ai cité d'abord, en imitant,

(*a*) *De Meteoris*.

comme eux, les principales apparences de l'arc-en-ciel, par une expérience que voici. XVII. LEÇON.

XI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut avoir une boule de verre creuſe & mince, remplie d'eau claire, à-peu-près ſemblable à celles qu'on met au bas des luſtres de cryſtal artificiel : on la ſuſpend par deux fils attachés à ſes poles, vers le fond d'une chambre, mais à telle diſtance de la fenêtre, & à telle hauteur, que les rayons du ſoleil puiſſent tomber deſſus : afin qu'on puiſſe l'élever plus ou moins, on fait paſſer les deux fils ſur deux poulies fixées au plancher, & l'on en fait pendre les bouts à portée de la main, comme on le voit par la *Fig.* 16. Enfin il faut ſe placer entre la fenêtre & la boule, à telle diſtance & à telle hauteur, que les rayons qui reviennent de la boule à l'œil, puiſſent faire avec ceux qui vont du ſoleil à la boule, des angles, tantôt plus petits que de 40 dégrés, tantôt un peu plus grands que de 50 $\frac{1}{2}$.

XVII. LEÇON.

EFFETS.

Si l'angle *SFO*, *Fig.* 17. dont je viens de parler, est de 42 dégrés 2 minutes, l'œil du spectateur placé en *O*, apperçoit un rouge fort vif dans la direction *Or*.

Si l'œil s'éleve davantage, ou que la boule s'abaisse tout doucement pour faire l'angle en question de plus en plus petit, jusqu'à ce qu'il n'ait plus que 40 dégrés 17 minutes, comme *SFB*, on apperçoit successivement toutes les autres couleurs prismatiques, le jaune, le verd, le bleu, &c. dans les directions *Ji*, *Bb*, &c.

Enfin si l'on fait ce même angle de 50 dégrés 57 minutes, la boule étant plus élevée, comme dans la *Fig.* 16. on voit le rouge dans la direction *Or*; & si l'on continue d'élever peu à peu la boule, jusqu'à ce que l'angle soit de 54 dégrés 4 minutes, on voit succéder toutes les autres couleurs dans cet ordre, le jaune, le verd, le bleu, &c.

EXPLICATION.

Dans le premier cas, *Fig.* 17. le

trait de lumiére solaire *Ss*, venant frapper la boule obliquement, se réfracte vers la perpendiculaire *pC*, & va heurter la surface intérieure du verre en *t*; une partie de cette lumiére, qui ne pénétre pas dans l'épaisseur du verre, est renvoyée vers *f*, l'angle de sa réflection devenant égal à celui de son incidence en *t*. Mais au lieu d'aller en droite ligne en *f*, elle se réfracte encore une fois, en s'écartant de *pC*, parce qu'elle passe obliquement de l'eau dans l'air; & comme ce trait de lumiére, quelque mince qu'il soit, est un assemblage ou un faisceau de rayons différemment réfrangibles, le rouge qui l'est le moins de tous, se rend au point *O*, le jaune en *J*, le bleu en *B*, &c. ainsi pour appercevoir successivement toutes ces couleurs, il faut de deux choses l'une ou que l'œil s'éleve d'*O* en *B*, ou que la boule d'eau s'abaisse d'autant; & alors l'angle formé par le rayon incident *Ss* & le rayon émergent *vB*, est d'un dégré 47 minutes plus petit que *SFO*.

Si l'on conduit de même un jet de lumiére solaire *Ss*, *Fig.* 16. à la par-

XVII. LEÇON.

tie inférieure de la boule, que je suppose être plus élevée que dans le cas précédent, & qu'on examine la route qu'il doit tenir, en conséquence des loix de la réfraction & de la réflection que nous avons établies ailleurs, on verra qu'il se réfracte d'abord pour aller en *d*, d'où se réfléchissant vers *e* & de-là vers *g*, il est obligé de se réfracter une seconde fois, en sortant de la boule pour rentrer dans l'air. Alors, comme dans le premier cas, il se décompose & se divise, le rouge moins réfracté que les autres se rend en *O*, les jaunes, les bleus, &c. en *J*, en *B*, &c. voilà pourquoi il faut ou abaisser l'œil, ou *élever* la boule, pour voir successivement toutes ces couleurs. Et si l'on compare l'angle *SFB*, à *SFO*, on trouve qu'il est de 3 dégrés 7 minutes plus grand.

Pour tirer de cette expérience une explication très-plausible de l'arc-en-ciel, il n'y a qu'à comparer les gouttes d'eau qui tombent de la nuée, à la boule dont nous venons de parler; car les gouttes de pluie sont d'une figure sphérique ou à-peu-près, & la

grandeur n'eſt ici d'aucune conſidération. Puiſque cette boule en deſcendant de *D* vers *E*, *Fig*. 17, & en montant de *G* vers *H*, *Fig*. 16, fait voir ſucceſſivement les couleurs priſmatiques dans cet ordre, rouge, jaune, verd, bleu, violet, il eſt évident que ſi les deux eſpaces *ED*, *GH*, étoient remplis par deux ſuites de petites boules d'eau permanentes, on verroit à la fois deux rangs de couleurs, ſçavoir de *D* en *E*, du rouge, du jaune, du verd, du bleu, du violet, & de même en montant de *G* en *H*. Et ſi l'on imagine de pareilles ſuites dans les circonférences de deux demi-cercles, dont l'œil du ſpectateur occupe le centre, on aura deux bandes ſémi-circulaires, diverſement colorées, dont les largeurs ſeront égales à *ED*, & à *GH*, c'eſt-à-dire, proportionnées à la différence qu'il y a entre les rayons les plus réfrangibles & ceux qui le ſont le moins, & dont les couleurs ſeront dans des ſituations oppoſées.

Tout cela quadre, on ne peut pas mieux, avec ce que l'on obſerve dans l'arc-en-ciel : pour l'ordinaire il eſt

XVII. Leçon.

double, celui d'en bas dont les couleurs ſont les plus vives, eſt rouge en ſa partie ſupérieure. Le jaune, le verd, le bleu, &c. le ſuivent en deſcendant : dans l'autre, au contraire, c'eſt le rouge qui borde l'intérieur, & les autres couleurs s'étendent en montant, *Fig.* 18. Celui-ci eſt moins brillant que le premier, parce que ſa lumiére ayant ſouffert une réflection de plus, s'eſt affoiblie davantage.

On voit dans les *Figures* 16 & 17, les couleurs ſe préſenter à l'œil dans un ordre tout différent de celui dont je viens de parler, & qu'on obſerve aux deux arcs-en-ciel ; mais il faut faire attention que c'eſt au ciel où nous voyons ces couleurs, & que nous les y rapportons par des directions qui ſe croiſent aux points d'émergence *g*, *f* : ainſi nous voyons le rouge en *r*, le jaune en *i*, le bleu en *b* ; de-là il arrive que le rouge paroît border extérieurement l'arc d'en bas, & intérieurement celui d'en haut.

Quant à la largeur des arcs, elle eſt plus grande dans l'un & dans l'autre, que ne la donnent les limites qui renferment tous les dégrés de réfran-

gibilité des rayons hétérogênes; il faut avoir égard au diamétre du Soleil, qui est d'un demi-degré à-peu-près; Newton détermine la largeur de l'Iris intérieure de 2 dégrés 15 minutes, celle de l'arc extérieur, de 3 dégrés 40 minutes, leur distance réciproque, de 8 dégrés 25 minutes.

C'est par des raisons semblables à celles que je viens d'employer, qu'on doit chercher à expliquer les couleurs qu'on apperçoit autour d'un jet d'eau que le vent agite & divise en pluie, lorsqu'il est éclairé du Soleil, & qu'on le regarde ayant le dos tourné à cet astre; car on n'apperçoit pas cet effet dans toutes sortes de positions, & si l'on examine attentivement celle qui est nécessaire, on verra que les angles formés par les rayons qui vont du Soleil au jet d'eau, & par ceux qui reviennent de-là à l'oeil du spectateur, sont assujettis aux conditions qu'exige l'arc-en-ciel.

On a vu quelquefois des cercles de lumiére colorée, par portions ou en entier, sur une prairie qu'on regardoit d'un lieu un peu haut, quelque tems après le lever du Soleil. Ce

XVII. LEÇON.

sont encore des effets de la lumiére réfractée & réfléchie par les gouttes de rosée qui restent attachées à l'herbe pendant un certain tems. Pour connoître particuliérement la marche des rayons en pareil cas, il n'y a qu'à faire attention à la hauteur de l'astre sur l'horison, à la position de l'œil, aux pouvoirs réfractif & réflectif d'une goutte d'eau supposée à l'endroit où paroît le phénomêne, & aux différens dégrés de réfrangibilité des rayons qui composent la lumiére solaire. Enfin c'est encore aux réfractions que souffre la lumiére en passant par des gouttes d'eau, qu'on doit attribuer ces cercles colorés qu'on observe quelquefois autour du Soleil & de la Lune, puisqu'on les imite en quelque façon, lorsqu'on place la flamme d'un flambeau ou d'une bougie derriére une vapeur d'eau un peu épaisse.

ARTICLE II.

Des couleurs considérées dans les objets & dans le sens de la vûe.

On ne peut pas nier que les corps ne contribuent en quelque façon aux

couleurs dont ils nous paroissent revêtus : il ne suffit pas qu'un objet soit éclairé pourque nous le voyions blanc, jaune, ou verd ; quoiqu'il y ait dans la lumiére qu'il reçoit, tout ce qu'il faut pour le faire paroître tel à nos yeux, comme on l'a prouvé dans l'article précédent. Il faut encore qu'il y ait en lui quelque qualité ou disposition qui le rende propre à réfléchir ou à transmettre certaines parties de cette lumiére, à l'exclusion des autres.

Je dis à réfléchir ou à transmettre certaines espéces de rayons ; car les corps que nous nommons colorés sont, ou opaques ou transparens ; & la disposition dont je parle, que peut-elle être, sinon dans les premiers, une contexture particuliére de leurs surfaces, un certain arrangement de leurs parties superficielles, & dans les derniers, une porosité qui soit analogue, ou par la grandeur ou par la figure, à telle ou telle espéce de lumiére ?

Cette idée toute simple, peut suffire dans l'opinion de ceux qui attribuent à la lumiére un mouvement de translation, qui transporte réellement les globules du corps lumineux aux

XVII. LEÇON.

objets visibles, & de ces objets jusques à nos yeux: en comptant sur une propagation de cette espéce, on peut dire que les surfaces réfléchissantes sont des assemblages de parties solides qui font rejaillir en avant *la* lumiére qui vient les heurter, & que les corps transparens sont des espéces de cribles qui en laissent passer la plus grande partie; & pour rendre raison des couleurs, on peut ajouter qu'en conséquence d'une certaine proportion ou analogie, dans la superficie des uns & dans la porosité des autres, certains rayons plutôt, ou en plus grande quantité que les autres, sont repoussés ou transmis. La lumiére rouge, par exemple, de préférence se tamisera à travers le rubis, & rejaillira de dessus le cinabre; la topaze & l'or feront la même chose à l'égard des rayons jaunes; l'émeraude & l'herbe des prairies à l'égard des verds, &c.

Mais si l'on demeure attaché au sentiment de Descartes, & qu'on n'admette dans les rayons de lumiére qu'un mouvement de vibration communiqué de proche en proche aux globules qui les composent, sans aucun dé-

placement de leur part; si l'on pense aussi, comme nous, que la lumiére ou plutôt son action, n'est pas réfléchie par les parties propres des surfaces, mais par celles de son espéce qui en remplissent les pores & qui se présentent à leur embouchure, il faudra ajouter à l'idée que je viens d'exposer, pour expliquer les apparences des couleurs; car à quoi serviroit de concevoir les corps transparens comme des cribles à lumiére, si ce fluide subtile n'avoit point de mouvement qui pût lui faire traverser l'épaisseur de ces corps?

Ajoutons donc cette hypothêse, que non-seulement les surfaces réfléchissantes ont leurs pores remplis de lumiére, pour réfléchir celle qui tombe dessus; mais que cette lumiére, dans les surfaces colorées, est de telle ou telle espéce, & capable par-là de recevoir & de rendre à des globules semblables, le mouvement qui leur est propre. Ainsi la cochenille teint en rouge, non par elle-même, mais parce que ses particules divisées & logées dans les pores de la laine, sont comme autant de petites éponges abreuvées de lumiére rubrifique,

XVII. LEÇON.

propre à réagir contre une pareille lumiére, & ſur leſquels les rayons d'une nature différente s'amortiſſent & s'éteignent, par le défaut d'une réaction convenable.

Concevons de plus les corps tranſparens qui ont des couleurs, non comme de ſimples cribles, mais comme des raiſeaux dont les mailles contiennent quelque eſpéce particuliére de lumiére, capable de recevoir & de tranſmettre au-delà le mouvement qui lui eſt communiqué par des rayons d'une même nature : les pores alignés d'une maſſe de vin, renferment donc des ſuites de globules rubrifiques, qui frappés par une lumiére compoſée, ne reçoivent & ne tranſmettent que le mouvement qui appartient aux rayons de cette couleur.

Les ſurfaces parfaitement réfléchiſſantes, celles que nous nommons *miroirs*, & qui renvoyent toutes les eſpéces de lumiéres, ſéparément ou toutes enſemble, contiennent dans leurs pores, ainſi que les corps *limpides*, comme le verre, l'eau, &c. des globules de tous les ordres & dans une proportion ſemblable à celle que

la nature a observée dans la composition de la lumiére solaire: de-là vient, que ces corps sont toujours prêts à repousser ou à transmettre l'action des rayons homogênes, séparés ou réunis,

Les surfaces blanches & les corps qui n'ont qu'une transparence imparfaite & sans couleur, ne différent de ces derniers que du plus au moins; c'est-à-dire, que la lumiére incidente s'y réfléchit, ou passe à travers avec déchet & irrégularité, soit par défaut d'alignement dans les pores, soit par une figure, une grandeur, un arrangement peu favorable des parties propres de ces corps.

Enfin, ce que nous nommons *sombre*, *obscur* & *noir*, n'est qu'une privation plus ou moins grande de la lumiére transmise ou réfléchie: ce qui vient de ce que les corps éclairés, qui nous paroissent tels, absorbent ou éteignent l'action de la lumiére: cet effet, suivant l'opinion que j'expose ici, doit être attribué à ce que la lumiére qui remplit les pores, se trouve trop engagée parmi les parties propres des matiéres qui

la contiennent, & incapable par-là de recevoir & de communiquer une grande partie du choc qui lui vient des rayons incidens.

Puisqu'on n'est pas d'accord sur la nature du mouvement dont la *lumiére* s'anime, & que bien des gens tiennent encore aujourd'hui pour la translation ou émission réelle des globules, je ne prétens donner tout ce que je viens de dire en *dernier lieu*, que comme une hypothèse; mais qu'on l'embrasse ou qu'on la rejette par rapport à l'inhérence prétendue de la lumiére dans les corps, & à la maniére dont je suppose que l'action des rayons incidens se transmet par les milieux diaphanes, ou se réfléchit par les surfaces opaques, je ne crois pas qu'on puisse se dispenser d'en admettre la partie essentielle qui n'intéresse aucun sistême, ou plutôt qui s'accommode à tous, je veux dire ce que j'ai avancé d'abord, que la couleur des corps naturels consiste principalement dans un certain arrangement, dans la figure particuliére & dans la ténuité plus ou moins grande de leurs parties, entant que cela

cela les rend propres à réfléchir ou à réfracter plus ou moins la lumiére, & à les rendre visibles, sous telle ou telle espéce de rayons.

Newton, qu'on ne peut se dispenser de citer à tout instant dans cette matiére, après un grand nombre d'expériences & d'observations maniées & examinées, avec une exactitude & une sagacité sans exemple, s'en est tenu, pour expliquer les couleurs des corps naturels, à la seule épaisseur plus ou moins grande des petites lames ou particules qui les composent, il a porté sur cela sa théorie & ses calculs si loin, que des commençans auroient peine à le suivre; il ne prétend pas moins que déterminer les dégrés de ténuité que doivent avoir les parties constituantes des surfaces ou des épaisseurs, pour réfléchir ou réfracter telle ou telle espéce de lumiére, pour faire qu'un corps vu par réflection ou par transparence, nous semble rouge, jaune, ou bleu. D'où il suit qu'on pourroit aussi juger de la grandeur de ces êtres (que les meilleurs microscopes sont encore bien éloignés de nous faire distinguer) par

la couleur ſeule de leur aſſemblage.

XVII. Leçon.

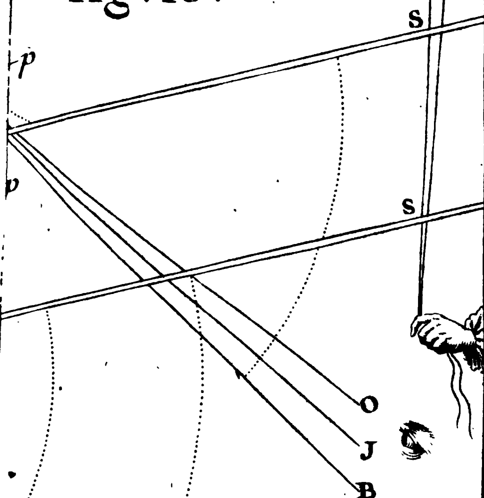
Pour moi, en adoptant pour cauſe principale des couleurs dans les corps naturels, les différens dégrés d'amin-ciſſement ou de ténuité de leurs parties, je n'en exclus, ni la figure de chacune d'elles, ni la contexture de leur aſſemblage, & je compte beaucoup ſur les variétés qui naiſſent de-là dans leur poroſité. Voici, dans l'Expérience ſuivante, une des principales preuves de Newton, qui peut m'en ſervir également.

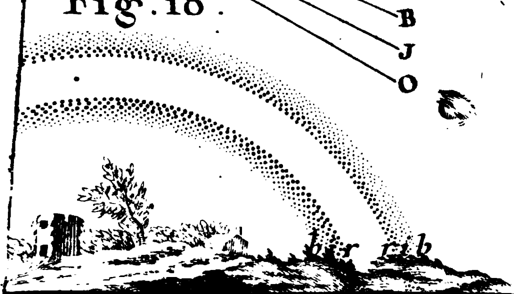
I. EXPERIENCE.

Preparation.

Prenez un verre de lunette qui ait une de ſes ſurfaces plane, & un autre verre qui ſoit très-peu convexe, tel que pourroit être l'objectif d'un téleſcope de trente pieds ou davantage; appliquez la convexité de celui-ci ſur le plan du premier, & ſerrez-les fortement l'un ſur l'autre avec les deux mains, mais de maniére que vous puiſſiez voir ce qui ſe paſſe entre les deux (*a*). Voyez la *Fig.* 19.

(*a*) Au défaut d'objectifs de long foyer, on peut faire cette expérience en appuyant les


Fig. 16.
S
p
p
S
O
J
B
Fig. 17.


Fig. 18.
B
J
O

EFFETS.

Ces deux verres ainsi joints, étant posés sur quelque chose d'obscur, afin qu'il ne revienne aucune lumiére de dessous, mais seulement celle qui peut être réfléchie, vous appercevrez au milieu, c'est-à-dire, à l'endroit où ils se touchent & se pressent naturellement, une tache noire entourée de plusieurs anneaux diversement colorés & un peu séparés les uns des autres, par des intervalles d'un blanc simplement lumineux : voici l'ordre de ces couleurs, en commençant par le cercle le plus près de la tache sombre qui occupe le centre : bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, pourpre, bleu, verd, jaune, rouge, verd, rouge. Quelquefois on en apperçoit encore d'autres, mais qui s'affoiblissent tellement en approchant de la circonférence des verres, qu'ils sont presque imperceptibles.

côtés de deux prismes l'un sur l'autre : car comme il est très-rare que leurs surfaces soient rigoureusement planes, on peut compter qu'elles commenceront à se toucher par un point ou par un très-petit espace, comme les verres un peu convexés.

XVII. LEÇON.

Si vous tenez ces verres ainsi pressés, de façon que vous puissiez recevoir dans l'œil la lumiére qui les traverse, au lieu d'une tache noire ou obscure au centre, vous appercevrez un petit espace circulaire d'une clarté semblable à celle que produit la lumiére du jour, en passant par un simple verre : & les espaces qui séparoient les cercles colorés dont je viens de faire mention, vous paroîtront eux-mêmes des cercles colorés dans l'ordre qui suit : rouge, jaune, noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge, bleu, rouge, verd tirant sur le bleu, &c.

EXPLICATION.

Entre les deux verres de notre expérience, il reste une petite lame d'air circulaire, qui va toujours en s'amincissant de la circonférence vers le centre, & qui manque entiérement à l'endroit du contact : quand on regarde les verres par dessus, le milieu paroît comme une tache noire ou obscure, parce que la lumiére passe en cet endroit, comme à travers d'un milieu homogêne, les deux verres n'en faisant qu'un, à cause de leur jonction

immédiate, & parce que cette lumiére rencontre au-dessous un fond brun ou obscur qui ne la renvoie pas. Ce qui prouve que cela est ainsi, c'est que ce même endroit des verres paroît clair & lumineux à quiconque regarde le jour à travers.

A compter de cet espace circulaire jusqu'à la circonférence des verres, la lame d'air qui est entre deux, augmente d'épaisseur imperceptiblement; & puisque les couleurs des cercles qu'on apperçoit, tant par réflection que par transparence, changent avec ces différens dégrés de ténuité; il y a tout lieu de croire, que c'est delà principalement que dépend dans les corps le pouvoir qu'ils ont de réfléchir ou de transmettre telle ou telle espéce de lumiére.

Si cela n'arrivoit qu'avec des lames d'air amincies de cette maniére, on pourroit attribuer à quelque qualité particuliére de ce fluide, la variété des couleurs dont il est ici question; mais les émailleurs en soufflant du verre extrêmement mince, nous donnent occasion d'appercevoir les mêmes effets dans les fragmens qui

XVII. LEÇON.

se trouvent presque toujours d'une épaisseur inégale; & qui est-ce qui ne les a point vus & admirés dans ces boules légéres que forment les enfants avec un chalumeau de paille & de l'eau chargée de savon?

Ce qu'on doit remarquer encore dans l'expérience des deux verres, c'est qu'en les serrant de plus en plus l'un sur l'autre, on amincit à proportion les bords intérieurs de *la lame* d'air, & en même-tems on voit les cercles de couleurs s'éloigner du centre: on observe aussi de pareils changemens aux boules d'eau de savon, aussi-tôt après qu'on les a formées, parce que la pesanteur entraînant la liqueur du haut en bas, amincit peu à peu les boules dans leur épaisseur à tout instant. Tout cela prouve de plus en plus, que les couleurs ne tiennent point à la nature des corps, puisque la même matiére les prend & les quitte successivement, mais plutôt aux dégrés d'amincissement des parties, puisqu'avec cette condition on fait prendre les mêmes couleurs à différens corps.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Ayez 1°. un peu d'esprit de vin dans lequel on ait fait infuser à froid & pendant quelques momens, des feuilles de roses, de façon que la liqueur n'en ait pas contracté une couleur sensible.

2°. Du sirop de violettes étendu dans de l'eau claire à parties égales.

3°. De l'eau commune légérement chargée de vitriol bleu, de sorte qu'elle n'ait qu'une couleur d'aigue-marine.

4°. Un peu de sublimé corrosif fondu dans de l'eau bien nette, & qu'il faut clarifier ensuite, soit en la laissant reposer, soit en la filtrant par le papier gris.

5°. De la teinture de tournesol.

6°. De l'eau-forte ou de l'esprit de nitre.

7°. De l'huile de tartre par défaillance.

8°. De l'esprit volatil de sel armoniac.

9°. Cinq ou six petits verres à boire

XVII. LEÇON.

unis, d'une figure conique & bien transparens.

EFFETS.

Si dans la premiére de ces liqueurs vous faites tomber une goutte ou deux d'eau-forte ou d'esprit de nitre, elle devient tout-d'un-coup d'un beau rouge couleur de roses.

En jettant de même un peu d'eau-forte dans l'infusion de tournesol, on change subitement sa couleur bleue en un rouge couleur de feu.

Le sirop de violettes devient verd, par l'addition de l'huile de tartre.

Ce même sirop devient rouge, quand on y mêle de l'eau-forte.

Dans la solution de vitriol bleu, versez un peu d'esprit volatil de sel armoniac; vous aurez une liqueur d'un très-beau bleu.

Ajoutez-y peu à peu de l'eau forte, le bleu disparoîtra, & vous verrez renaître la premiére couleur d'aigue-marine.

L'eau chargée de sublimé corrosif, perd sa limpidité & devient d'un rouge opaque de rouille de fer, par l'addition de l'huile de tartre.

Ce

Ce mélange passe de la couleur rouge au blanc de lait, quand on y ajoute de l'esprit volatil de sel ammoniac.

Enfin on lui rend sa premiére limpidité, & l'on fait disparoître toute couleur, en y versant de l'eau-forte.

Il n'est pas nécessaire que j'indique ici des doses précises, pour tous ces mélanges ; ils se feront toujours avec succès, si les liqueurs sont bien préparées : il suffit de verser doucement les unes sur les autres, jusqu'à ce qu'on voye paroître l'effet qu'on attend.

Il est bon d'avertir aussi, qu'il faut recueillir avec soin toutes ces liqueurs dans une jatte ou dans une cuvette après chaque expérience, pour les jetter dans un endroit où les animaux ni aucune personne ne puissent en être incommodés. L'eau-forte & sur-tout le sublimé corrosif, sont des drogues dangereuses.

EXPLICATION.

Toutes ces Expériences & une infinité d'autres semblables, qu'on trouve dans tous les livres de Physique & de

XVII. LEÇON.

Chymie (*a*), peuvent se réduire à ces quatre effets principaux.

Le premier : on voit naître une couleur bien décidée, par le mélange de deux liqueurs qui n'en ont point séparément l'une de l'autre.

Le second : une couleur se change en une autre très-différente, par l'addition d'une liqueur qui n'est nullement colorée.

Le troisiéme : une liqueur *limpide* & sans couleur, devient opaque & colorée, en se mêlant avec une autre liqueur limpide comme elle.

Le quatriéme : un mélange qui a de la couleur & de l'opacité, perd l'une & l'autre, par l'addition d'une liqueur, laquelle, à en juger par sa limpidité & par la petite quantité qu'on en emploie à cet effet, paroîtroit propre à partager simplement les qualités qu'elle détruit.

Tout cela me semble s'expliquer assez bien, par les principes que nous

(*a*) Quiconque sera curieux de voir un plus grand nombre de ces expériences, pourra consulter les Commentaires de M. Muschembroek, sur les expériences de l'Académie del Cimento, qu'il a traduites en Latin : *Tentamina Florentina* in-4°.

avons établis ou adoptés ci-dessus. Si les liqueurs n'ont point de couleur avant que d'être mêlées ensemble, d'où peut leur venir celle qu'elles ont après le mélange, sinon d'un changement de porosité, qui les rend propres à transmettre une espéce particuliére de lumiére, au lieu de toutes sortes de rayons qu'elles admettoient auparavant, & auxquels elles donnoient un passage libre? Et si l'on demande quelle est la cause de cette nouvelle porosité, on peut répondre avec Newton, qu'elle vient de ce qu'une des deux liqueurs atténue les parties de l'autre & les rend plus minces, ou de ce qu'elle fait tout le contraire, en leur unissant les siennes; il est probable, par exemple, que l'esprit de nitre, en qualité d'acide, divise les molécules du sirop de violettes, & ouvre des pores tels qu'il les faut pour le passage des rayons rouges, tandis que l'huile de tartre faisant un effet tout opposé, ne laisse des routes ouvertes que pour une lumiére plus foible de sa nature, telle que celle dont les rayons sont verds.

L'on peut apporter les mêmes rai-

XVII. LEÇON.

sons pour le second effet, & même pour le troisiéme ; car si la limpidité consiste dans l'alignement bien parfait des pores en tous sens, & que cette disposition dépende, comme on n'en peut pas douter, de la figure & de la ténuité des parties solides, il ne suffit pas, pour faire un mélange transparent, que les liqueurs composantes soient limpides séparément ; il peut arriver que dans leur *union*, les molécules deviennent plus grossiéres, & s'arrangent tout autrement qu'auparavant, & en voilà assez pour produire l'opacité : c'est ce qui arrive apparemment, quand on mêle avec la solution de sublimé, l'huile de tartre ou l'esprit volatil de sel ammoniac.

Et si la limpidité renaît dans le mélange, par l'addition de l'eau-forte, c'est que cette liqueur acide désunit les parties qui s'étoient liées ensemble, leur rend leur premiére ténuité, & l'arrangement régulier qui est nécessaire pour composer une masse transparente & sans couleur.

APPLICATIONS.

Nous avons tous les jours sous les

yeux des productions, des changemens, des extinctions de couleurs, que nous ne pouvons attribuer raisonnablement à d'autres causes, qu'à la nouvelle contexture des surfaces, ou à quelque mouvement intestin qui change la porosité de la masse. Parcourons quelques-uns de ces effets, & choisissons de préférence ceux qui sont les plus connus.

Le papier teint en bleu ou en violet, devient d'abord d'un beau rouge qui pâlit peu de tems après, lorsqu'on passe dessus un peu d'eau-forte affoiblie avec de l'eau commune; l'on voit à-peu près la même chose, quand on le touche avec quelqu'autre acide, comme le jus de citron, le vinaigre, l'esprit de vitriol, la simple dissolution de nitre, &c. Après les expériences rapportées ci-dessus, il est aisé de comprendre, que les parties colorantes qui tiennent à la surface du papier, étant livrées à l'action d'un acide, changent de grandeur & probablement de figure, & que par-là elles deviennent propres à réfléchir des rayons rouges plutôt que des bleus & des violets; & comme cette

action dure un certain tems, avant que d'avoir tout son effet, le rouge qui paroît d'abord très-foncé & très-vif, arrive par plusieurs nuances successives, à une couleur plus pâle & plus languissante.

XVII. LEÇON.

C'est ainsi que certaines matiéres tachent les étoffes, en désunissant les parties composantes de leur teinture; les endroits qui en sont atteints paroissent sous d'autres couleurs, & cela est ordinairement sans remède: un moyen de prévenir ces effets en tout ou en partie, c'est, lorsqu'on en a le tems, de noyer dans beaucoup d'eau bien nette, la matiére qui doit les produire, encore faut-il que la teinture qu'on veut conserver, ne soit pas de nature elle-même à céder à l'eau dont on veut laver l'étoffe.

L'attouchement du grand air, la lumiére du jour, les rayons du Soleil, l'action du feu, suffisent pour altérer en peu de tems certaines couleurs tendres, comme la couleur de rose, de citron, & quantité d'autres, qu'on nomme de *petits teints* à cause de leur peu de solidité. Il y a grande apparence que ces altérations viennent

pour la plupart, de ce que les drogues qu'on a associées pour composer ces teintures, se désunissent aisément par toutes ces causes, ou que les parties colorantes, sans se décomposer, se détachent des surfaces qui s'en étoient chargées. Mais de l'une ou de l'autre façon, l'étoffe devient par-là hors d'état de réfléchir la même espéce de lumiére qu'auparavant.

Parmi les effets de cette sorte produits par l'action du feu, il n'en est guere de plus singulier ni de plus remarquable, que ce qui arrive aux écrevisses, aux crabes, & à quantité d'autres poissons crustacés : à quoi peut-on attribuer ce beau rouge dont ils se teignent en cuisant, sinon à quelque changement de contexture superficielle ? changement si délicat, & tellement imperceptible, que l'oeil le plus fin, armé du meilleur microscope, ne peut découvrir en quoi il consiste.

L'action de l'air à cet égard a aussi des effets bien dignes d'attention ; sans elle il y a tout lieu de croire que nous serions privés de ce beau verd qui nous flatte la vûe d'une maniére si dé-

XVII. LEÇON.

licieuse dans nos campagnes & dans nos jardins, puisqu'il ne vient point aux plantes qu'on tient couvertes, & puisqu'on le fait perdre en peu de jours à celles qui l'ont, en les enveloppant seulement avec de la paille ou avec de la terre; car c'est ainsi qu'on fait blanchir le céleri, la chicorée, les cardons, &c. dans les potagers; & l'herbe qui commence à croître dans quelqu'endroit *resserré* & couvert, comme sous un banc, sous une pierre, ou une tuile un peu soulevée, &c. ne montre que des jets blancs qui tirent sur le jaune.

Mais l'air ne contribue pas seulement à la couleur verte, il semble qu'il ait aussi grande part à toutes les autres, si l'on en juge par les observations suivantes.

On trouve sur les bords de la mer, & spécialement sur les côtes d'Aunis, quand la marée est basse, un petit limaçon qui a sur le col une grosse veine d'un blanc tirant sur le jaune, & l'on voit aussi autour de ce coquillage des petits corps oblongs de la même couleur, & de la grosseur à-peu-près d'un grain de froment; si l'on ou-

vre où la veine ou ces espéces d'œufs dont je parle, il en sort une liqueur épaisse un peu visqueuse, & qui ressemble par sa couleur à une eau sale & épaissie; mais dès qu'elle a été exposée quelques momens au grand air, elle devient d'un très-beau pourpre, & le linge qui en est taché ne se déteint point au blanchissage ordinaire: voyez sur cela un Mémoire très-curieux de M. de Reaumur, dans le volume de l'Académie des Sciences pour l'année 1711.

XVII. LEÇON.

L'eau teinte avec l'orseille (*a*) perd en très-peu de tems sa belle couleur rouge, si elle est renfermée dans un vaisseau, & privée du contact de l'air libre; je dis de l'air libre, car il suffit pour cet effet, que la bouteille qui la contient, ait un orifice bien étroit, sans être bouché, pourvu qu'on ne l'agite point. L'eau qui se déco-

(*a*) L'orseille est une espéce de lichen ou de mousse qui croît sur les rochers. On la tire des Canaries, & en la préparant avec l'urine & l'eau de chaux, on en fait une pâte qui délayée dans de l'eau, sert à teindre les étoffes communes de laine, comme les draps des troupes, les serges dont les gens de la campagne s'habillent, &c.

XVII. LEÇON.

lore ainsi, demeure claire & sans aucun dépôt apparent; mais elle est un peu jaunâtre. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est qu'elle reprend sa premiére couleur, aussi-tôt qu'on y introduit de nouvel air, & ces alternatives peuvent se répéter autant qu'on le veut. Je fis cette petite découverte, en cassant par accident un de mes thermométres construits suivant les principes de M. de *Reaumur*; on sçait que la liqueur de ces instrumens est un mélange d'esprit de vin & d'eau commune teinte avec l'orseille; celui que je cassai avoit perdu toute sa couleur, & je fus très-surpris de la voir reparoître, lorsque la liqueur fut répandue: j'appris par ce petit malheur, pourquoi nos thermométres sont sujets à se décolorer, & ce qu'on peut faire pour empêcher que cela n'arrive sitôt, ou pour y remédier, quand cela est arrivé. Je ne purge point d'air la liqueur, comme je le faisois auparavant; j'en laisse même un peu dans le haut du tube; & quand, malgré cette précaution, la couleur a disparu, je la fais revivre, en descellant le tube pour quelques

momens ; je lui donne ainsi de nouvel air, & je le referme ensuite à la maniére ordinaire.

Je remarquerai ici par occasion, que parmi les productions de la nature, il y en a plusieurs qui passent immédiatement de cette couleur blanche qui est un peu jaune, à ce beau rouge cramoisy ou pourpre dont je viens de parler. Je n'en veux citer que quelques exemples, laissant au lecteur le soin d'en observer un plus grand nombre ; le sang & le chyle des animaux différent entr'eux par la couleur, à-peu-près comme la liqueur du limaçon, dont j'ai parlé plus haut, différe d'elle-même, après qu'elle a pris l'air. Les fruits qui rougissent en mûrissant, soit en partie comme la pêche, le brugnon, &c. soit en entier comme la cerise, la groseille, &c. nous montrent encore un passage immédiat de l'une de ces deux couleurs à l'autre, &c.

Après le verd & le rouge, je trouve encore que l'impression de l'air contribue au bleu : je sçavois que l'esprit volatil de sel ammoniac tiroit du cuivre cette belle couleur ;

XVII. LEÇON.

& j'étois un jour fort surpris de voir qu'elle ne parût pas dans un petit tube de verre bien fermé que j'avois rempli de cette liqueur, & au fond duquel il y avoit plusieurs petits morceaux de rosette (*a*). Après avoir attendu inutilement pendant plusieurs jours, je ne fis que verser le tout dans un petit vase ouvert que j'agitai un peu, & la teinture se fit parfaitement.

La cuve de pastel, dans *laquelle* on trempe les étoffes de laine pour les teindre en bleu, ne contient qu'une liqueur verte; cette couleur disparoît ensuite au grand air, & fait place à celle qu'on a eu intention de faire prendre à la piéce de drap.

En y réfléchissant un peu, on trouvera quantité d'autres couleurs qui sembleront dépendre de l'action de l'air : mais dans tous ces effets, est-ce ce fluide qui agit par lui-même, ou sert-il seulement de véhicule à quelque matiére invisible, qui soit la cause efficiente des changemens que nous voyons? C'est ce que je n'ai pu décider clairement par rapport à la

(*a*) On appelle ainsi le cuivre rouge le plus pur.

teinture d'orſeille après avoir fait bien des épreuves (*a*), & c'eſt ce qu'il nous importe peu de ſçavoir ici; il ſuffit que nous apprenions par les exemples que je viens de citer, que l'air, en touchant les parties propres de certaines matiéres, y cauſe des changemens qui ne peuvent concerner que la figure, la grandeur, la ſituation reſpective de ces parties, ou la poroſité de la maſſe, & que de-là il réſulte des réfléctions & des tranſparences, qui ne conviennent qu'à certaines eſpéces de lumiére.

La fermentation, par de ſemblables effets, change auſſi la couleur des liquides; avec le même raiſin, on fait du vin qui eſt blanc ou rouge, ſuivant la façon qu'on lui donne: l'un ou l'autre devient jaune, ſoit en vieilliſſant, ſoit en s'évantant, ſi le vaiſſeau qui le contient n'eſt pas bien bouché.

On peut dire en général, que les mixtes dont les principes ne ſont pas bien fixes, ſont plus ſujets à changer de couleur que les matieres ſimples,

(*a*) Voyez les Mém. de l'Acad. des Sc. 1742, p. 116 & *ſuiv*.

XVII. LEÇON.

s'il y en a, ou que les corps d'une composition plus solide. Car si l'on conçoit, par exemple, une surface qui paroisse verte, parce qu'elle renvoie une certaine quantité de rayons jaunes, & autant ou plus de rayons bleus, & que par évaporation ou autrement, elle perde peu-à-peu celles de ses parties qui réfléchissent la premiére espece de lumiére, elle deviendra bleue, à mesure que le nombre des rayons de cette derniére espéce augmentera, à proportion des autres. C'est ainsi que se font des taches bleues sur une étoffe verte, quand on répand dessus quelque matiére capable d'enlever le jaune qui est entré dans la composition de la teinture verte.

C'est par cette raison que les habiles Peintres composent leurs couleurs avec des poudres la plûpart tirées des minéraux, & les moins susceptibles de céder aux impressions de l'air, afin que la nuance qui résulte de leur assemblage tienne plus long-tems; ceux qui, par ignorance ou par une mauvaise économie, en usent autrement, ont le désagrément

de voir dépérir leurs ouvrages en peu d'années, parce que quelques-unes des parties qui contribuent au ton de la couleur, ne sont pas de nature à résister comme les autres.

De ce qu'un corps transmet une espéce de lumiére préférablement à une autre, il suit qu'on le peut appercevoir par réflection, sous une couleur différente de celle avec laquelle on le voit par transparence; & c'est aussi ce que nous montre l'Expérience. L'or qui est d'un beau jaune par des rayons réfléchis de dessus sa surface, paroît verd, lorsqu'on l'amincit assez pour voir la lumiére à travers. L'infusion de tournesol est bleue, quand on la regarde de la premiére façon; de la seconde, on la voit rouge.

Bien souvent les corps apperçus de l'une ou de l'autre maniére, paroissent de la même couleur, comme nous le prouve l'inspection des rideaux de taffetas rouges ou bleus, qui sont toujours tels à nos yeux, soit que nous les regardions du dehors, ou du dedans de la chambre; c'est que le corps le plus diaphane ne transmet jamais toute la lumiére, même homogêne,

qui se présente à lui ; il en renvoye fort souvent une partie, qui rend sa surface visible.

Mais quand un corps est de nature à réfléchir des rayons d'une certaine espéce, qu'arrivera-t-il, s'il n'est éclairé qu'avec une lumiére d'une autre espéce?

Ou il l'éteindra, n'étant pas du tout propre à lui conserver son action, ou il en réfléchira une partie, *sans rien changer à sa couleur*; & c'est ce *qui* arrive le plus souvent. Voilà pourquoi tous les objets d'un appartement se colorent en rouge, quand les rideaux des fenêtres sont de cette couleur, & fortement illuminés ; c'est pour la *même* raison, qu'ils rendent les visages pâles & semblables à ceux des mourans, s'ils sont de taffetas verd.

Après avoir expliqué, en quoi consiste la couleur des corps naturels, comment ils sont propres à réfléchir ou à transmettre les lumiéres homogênes, il est à propos d'ajouter ici quelques mots touchant la transparence & l'opacité en général.

Puisque l'or, qui est de toutes les matiéres connues la plus dense, devient

vient transparent, lorsqu'il est aminci jusqu'à un certain point, il est raisonnable de penser qu'il n'y a pas de corps, qui de sa nature soit d'une opacité absolue; & comme nous voyons les corps les plus diaphanes transmettre d'autant moins de lumiére, que leur épaisseur augmente davantage, il semble qu'on peut dire aussi, qu'il n'y a point de milieu parfaitement transparent, & qui ne puisse devenir opaque : il ne s'agit donc ici que d'une opacité & d'une transparence relatives & comparées; il s'agit de sçavoir, comment un corps est plus opaque qu'un autre, ou pourquoi il est plus diaphane.

Je pense d'après Newton, c'est-à-dire, en considération des raisonnemens & des observations sur lesquels ce grand homme appuie son opinion, que, toutes choses égales d'ailleurs, un corps est d'autant plus propre à transmettre la lumiére, que ses parties sont d'une densité plus égale; & je le prouve par l'Expérience suivante, & par les observations que j'y ajouterai.

XVII. LEÇON.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Prenez une fiole de verre mince & bien transparent, d'une figure cylindrique, ou à peu-près, d'environ un pouce de diamétre, & de 7 à 8 pouces de longueur. Emplissez-la jusqu'à moitié avec de l'eau *bien claire*, & versez par-dessus autant d'esprit de térébenthine: après quoi, sans la remuer, vous la boucherez avec du liege, ou autrement.

EFFETS.

Tant qu'on n'agite point la *fiole*, les deux liqueurs demeurent l'une sur l'autre sans se mêler, & chacune d'elles conserve toute sa transparence.

Si l'on secoue pendant quelques instans la bouteille, les deux liqueurs se mêlent, de maniére que l'eau se trouve interrompue par une infinité de petits globules d'esprit de térébenthine, & tant que cela dure, le mélange est opaque, & paroît d'un blanc matte.

EXPLICATION.

L'esprit de térébenthine étant plus léger que l'eau, se tient au-dessus quand on le verse doucement, & qu'on n'agite point le vaisseau; & les deux liqueurs ainsi séparées, jouissent des qualités qui leur sont propres, & par conséquent, de leur transparence naturelle. Mais lorsque par l'agitation de la bouteille, la moins dense des deux se divise en petits globules, qui interrompent la continuité de l'eau, cela forme un mélange dont les parties sont hétérogênes, quant à la densité pour le moins; & alors la lumiére se perd en grande partie, par les réflections & réfractions irrégulieres qu'elle souffre dans cette masse; & le reste repoussé & rebroussant chemin, fait voir le mélange sous une couleur blanche.

APPLICATIONS.

A l'appui de l'Expérience que je viens de rapporter en preuve, je pourrois citer grand nombre d'effets, qui viennent visiblement de la même cause. Pourquoi, par exemple, l'eau

XVII. LEÇON.

qui est battue par sa propre chûte, par la roue d'un moulin, ou autrement; pourquoi le blanc d'oeuf fouetté, & en général, tous les mucilages, sont-ils opaques & d'une couleur blanche? N'est-ce point, parce que l'air qui s'y introduit en petits globules, & qui se trouve mêlé avec des matiéres bien plus denses que lui, compose avec elles des masses, dont les parties sont fort différentes entr'elles par la densité?

Au contraire, pourquoi le verre pilé, fêlé, ou dépoli, qui a perdu sa transparence, la reprend-il ainsi qu'une infinité d'autres matiéres, quand on le mouille seulement avec de l'eau? Pourquoi le papier fait-il en quelque façon l'office de vître, quand il est huilé? c'est, selon toute apparence, parce qu'on substitue à l'air qui est mélé avec ces matiéres, ou qui en remplit les pores & les inégalités, une liqueur dont la densité approche plus de la leur.

Quand il fait froid, les glaces levées d'un carosse dans lequel on est, se ternissent fort promptement, & empêchent qu'on ne distingue les

objets extérieurs. Cela vient de la transpiration du corps, qui s'attache en forme de petites gouttes à la surface du verre : ces parcelles d'eau avec les cloisons d'air qui les séparent, composent une couche de matiére fort hétérogêne, quant à la densité, & par-là très-peu propre à laisser passer la lumiére en droite ligne. Ce qui prouve bien que la glace ne perd sa transparence que par cette cause, c'est que si l'on réunit les petites gouttes qui sont dessus, avec la main, ou en y passant légérement un mouchoir, tout-aussi-tôt la glace mouillée d'une maniére continue reprend sa premiére transparence : c'est même un moyen d'empêcher qu'elle ne se ternisse davantage ; car l'humidité qui vient ensuite, ne fait que se joindre à celle qui est étendue, & ne prend plus la forme de gouttes.

Les brouillards qui troublent l'atmosphére, & qui en diminuent considérablement la transparence, sont des vapeurs grossiéres, dont les molécules sont beaucoup plus denses que celles de l'air : aussi-tôt qu'elles se fondent, qu'elles se divisent ou

XVII. LEÇON.

qu'elles s'amincissent, la clarté renaît dans le fluide qui les contient. On voit quelque chose de semblable dans les dissolutions chymiques: elles ne sont censées parfaites, que quand elles sont parfaitement claires; jusques-là les gens de l'art pensent avec raison, que la matiére dissoluble n'est point encore autant divisée qu'elle doit l'être.

IV. EXPERIENCE.

Preparation.

Cassez en petits morceaux une noix de galle blanche, & mettez-la infuser à froid dans de l'eau bien nette; faites filtrer cette infusion au travers d'un papier gris, & tenez-la dans une bouteille.

Faites dissoudre un peu de vitriol de Mars dans de l'eau froide, & laissez reposer cette dissolution pendant 24 heurres dans un petit vase de verre de figure cylindrique. Lorsqu'elle sera bien claire, versez-la doucement dans quelque vaisseau bien net, en inclinant peu-à-peu le verre qui la contient.

Ayez de plus, de l'eau-forte, & un petit verre uni, semblable à ceux de la IIe. Expérience.

XVII. LEÇON

EFFETS.

Quand on mêle ensemble parties égales, d'infusion de noix de galle & de dissolution de vitriol de Mars, ces deux liqueurs, qui sont naturellement claires & sans couleur, forment un mélange noir & opaque, comme de l'encre.

Si l'on y ajoute un peu d'eau-forte, la transparence revient telle qu'elle étoit avant le mélange.

EXPLICATION.

Le vitriol de Mars est un minéral qui contient les parties ferrugineuses: tant qu'elles nagent seules dans de l'eau claire, elles ne nuisent pas beaucoup à sa transparence; apparemment, parce qu'elle sont d'une ténuité, d'une figure & d'un arrangement propres à donner le passage à toutes sortes de lumiére: mais quand elles viennent à s'unir aux parties gommeuses de la noix de galle, elles forment avec elles des mo-

XVII. LEÇON.

lécules plus grossiéres configurées différemment, & qui ne s'arrangent plus de même ; la masse liquide qui en résulte, n'a plus les pores alignés, ni peut-être proportionnés, comme il faut qu'ils le soient, pour transmettre aucune sorte de rayons, ceux qui la pénétrent, s'y perdent & s'y éteignent : voilà pourquoi elle est noire, de quelque façon qu'on la regarde.

L'eau-forte qu'on ajoute au *mélange*, fait renaître la transparence, parce qu'elle s'empare des parties du vitriol, & qu'en les séparant de celles de la noix de galle, elle fait cesser un effet dont leur union étoit la cause.

APPLICATIONS.

L'encre commune dont on se sert pour écrire, n'est autre chose essentiellement qu'une teinture de vitriol & de noix de galle, semblable à celle de notre Expérience, excepté qu'on la fait bouillir, & qu'on y ajoute un peu de gomme d'Arabie, ou quelque chose d'équivalent, pour l'épaissir un peu, & empêcher qu'elle ne s'étende trop, ou qu'elle ne perce le papier.

papier. Toutes les fois que ces drogues se trouvent mêlées ensemble avec de l'eau, elles produisent le même effet : ainsi, en les broyant dans un mortier, on peut avoir une poudre avec laquelle, en quelque endroit que ce soit, on fera de l'encre sur le champ, en y mêlant un peu d'eau : cela peut avoir son utilité.

Mais puisque l'eau-forte a rendu la transparence au mélange de nos deux liqueurs, nous devons nous attendre qu'elle effacera l'écriture faite avec une encre de cette espéce ; & en effet, c'est ainsi que certaines gens exercent leur mauvaise foi, en effaçant sur des actes authentiques certains mots, & des dates qu'ils ont intérêt de supprimer ; & afin qu'on s'apperçoive moins de leur infidélité, ils n'employent que de l'eau forte affoiblie avec de l'eau commune : ce qui ménage le papier, & leur donne lieu de substituer d'autres mots à ceux qu'ils ont fait disparoître.

Les corps noirs, tant solides que liquides, sont ordinairement les plus propres à intercepter la lumiére : c'est pour cela que les Astronomes

XVII. LEÇON.

enfument les verres à travers lesquels ils regardent le Soleil ; afin que l'œil ne soit pas blessé par le trop grand éclat des rayons. L'astre alors paroît d'un jaune tirant sur le rouge, parce que, de toutes les espéces de lumiére qui en émanent, celles de ces deux couleurs sont les plus fortes : elles percent des épaisseurs & des dégrés d'opacité, dans lesquelles les autres s'arrêtent & s'éteignent.

C'est par la même raison, qu'en certains tems de brouillards, le Soleil nous paroît d'un rouge de sang, & que nous le regardons en face, sans que la vûe en soit offensée. La pleine Lune à son lever paroît presque toujours ainsi, à cause de la grande quantité de vapeurs qui regnent ordinairement près de la surface de la terre, & qui arrêtant les rayons les plus foibles de la lumiére, je veux dire, les violets, les bleus, les verds, & une partie même des jaunes, ne nous laisse appercevoir la planéte, que par les rouges qui sont les plus forts, mêlés d'une petite quantité des autres. Quand le Soleil se couche derriére des nuages

qui ne ſont pas trop épais, ou, dans des vapeurs groſſiéres, ceux de ces rayons qui ont la force de les percer, nous les teignent en rouge, & c'eſt toujours par la même cauſe.

Un moyen ſûr d'intercepter toute lumiére avec des corps tranſparens, c'eſt de lui en oppoſer deux, dont chacun ait une des couleurs primitives, fort différente de l'autre : par exemple, un verre rouge & un bleu poſés l'un ſur l'autre; car puiſque le premier, à l'exception des rayons rouges, arrête toute eſpéce de lumiére, même la bleue, & que le ſecond, qui ne pourroit laiſſer paſſer que des rayons bleus, intercepte tous les autres, ſans en excepter les rouges, c'eſt une néceſſité, que l'un & l'autre unis enſemble produiſent l'opacité la plus parfaite : & voilà pourquoi quantité de liqueurs colorées, quoique très-claires & très-tranſparentes, perdent cette qualité, dès qu'on vient à les mêler.

Ne ſeroit-ce pas pour quelque raiſon ſemblable, que les draps ſont d'un noir plus beau & plus ſolide, quand ils ont été teints d'abord en bleu? car, ſi la laine eſt blanche ſous

XVII. LEÇON.

le noir, elle peut renvoyer des rayons de toutes les espéces, & les plus forts perçant la teinture noire de plus en plus, à mesure qu'elle s'affoiblira, lui donneront un ton rougeâtre; au lieu que si cette laine est bleue, il n'en peut revenir que des rayons foibles, qui auront beaucoup plus de peine à percer au travers du noir, & qui, s'ils perçoient, ne marqueroient pas comme les rouges.

Ayant considéré les couleurs dans la lumiére, & ensuite dans les corps naturels, l'ordre des matiéres demanderoit, que nous les examinassions maintenant dans le sens de la vûe, par lequel nous en acquérons les idées; mais comme j'aurois peine à me faire entendre, avant que d'avoir fait connoître l'organe qui est le siége de ce sens, je crois qu'il est à propos de terminer ici la IIIe Section, en différant ce qu'il me reste à dire sur les couleurs, jusqu'à ce que j'aie parlé des différentes parties de l'oeil, & de leurs fonctions.



IV. SECTION.

Sur la Viſion, & ſur les inſtrumens d'Optique.

LA viſion des objets eſt l'idée que nous concevons d'eux, en conſéquence des impreſſions qu'ils font ſur nous, par le moyen de la lumiére. Une certaine partie du corps animé, qu'on nomme l'*œil*, eſt l'organe particuliérement deſtiné à recevoir ces impreſſions ; tant qu'il eſt ſain, & dans ſon état naturel, l'uſage que nous en faiſons peut ſuffire à nos beſoins ordinaires ; s'il eſt malade, ou que notre curioſité exige de lui ce qu'il ne peut faire, l'art vient à ſon ſecours, & lui offre des inſtrumens, par le moyen deſquels il atteint à des objets que la nature ſembloit avoir mis hors de ſa portée.

Ce court expoſé annonce deux ſortes de viſion : ſçavoir, 1°. celle qui ſe fait par le moyen des yeux ſeuls, & que j'appellerai *viſion naturelle ;* 2°. celle qui eſt aidée ou augmentée par

XVII. LEÇON.

les instrumens d'optique, tels que sont les lunettes, les microscopes, &c. & qu'on peut nommer *vision artificielle.*

ARTICLE I.

De la vision naturelle.

En parlant des différens mouvemens de la lumiére, dans la seconde Section, j'ai représenté les rayons qui viennent à nous de tous les points de l'objet, comme autant de pinceaux ou de pyramides lumineuses, qui ont pour base commune cette partie circulaire de l'œil, qu'on nomme la *prunelle.* Je me suis contenté de les suivre jusqu'à cette ouverture, ou, si j'ai parlé de leur prolongement au-delà, je n'ai eu égard qu'à leurs axes, que j'ai considérés comme de simples lignes. Si ces pyramides portoient leurs bases jusqu'au fond de l'œil, elles y feroient de larges & foibles impressions, qui ne manqueroient pas de se confondre les unes avec les autres : différens points de l'objet visible se feroient sentir ensemble sur une même partie de l'or-

gâne, la viſion ſeroit par-là très-confuſe. L'Auteur de la nature a pris des précautions très ſages, pour empêcher ce mauvais effet: chacune des pyramides dont il s'agit n'eſt pas plutôt arrivée à l'œil, qu'elle s'y convertit en une autre pyramide oppoſée par ſa baſe à la premiére, & dont la pointe va toucher le fond de l'œil: par ce moyen la viſion devient claire, pour deux raiſons. Premiérement, parce que chaque impreſſion eſt plus forte, étant produite par tous les rayons de la pyramide réunis ſur un très-petit eſpace; ſecondement, parce que toutes les impreſſions ſe font ſur différentes parties de l'organe, ce qui fait ſentir ſéparément tous les points de l'objet.

Mais comment la lumiére qui entre dans la prunelle, reçoit-elle cette nouvelle modification qui la rend convergente, de divergente qu'elle étoit? c'eſt ce merveilleux méchaniſme que je dois expliquer maintenant. Avant que de l'entreprendre, il eſt néceſſaire que je faſſe connoître les différentes parties de l'œil, puiſque c'eſt de leurs fonctions que dé-

pendent les effets dont j'ai à parler.

XVII. LEÇON.

L'homme, & la plûpart des animaux, (*a*) ont deux yeux placés à la partie antérieure de la tête : chacun de ces organes est une espéce de globe, renfermé en partie dans une cavité osseuse, qu'on nomme *orbite*, où il se meut en toutes sortes de sens par le moyen de six muscles.

Ce globe est composé extérieurement de plusieurs membranes, les unes sur les autres, qui tirent leur origne d'un nerf qui vient du cerveau, & qui porte le nom de *nerf optique* : le dedans est rempli par trois humeurs de différentes consistances, dont je parlerai ci-après.

Le nerf optique, ainsi que les autres, a trois parties principales, sçavoir, la *dure-mere* qui l'enveloppe extérieurement : la *pie-mere*, qui est comme une seconde enveloppe au-dessous, & la moëlle, qui est une substance

(*a*) Je n'ai aucun égard ici aux différences qui se trouvent dans les yeux des animaux, quant à la conformation, à la position, ni au nombre ; je n'ai en vue que les yeux des animaux les plus grands & les plus connus, & principalement ceux de l'homme.

plus molle : ces trois parties se dilatent pour former le globe de l'œil, & portent différens noms. XVII. LEÇON.

La premiére, qui est une expansion de la dure-mere, se nomme *sclérotique* : sa partie antérieure est transparente, comme la corne dont on garnit les lanternes, & saille un peu, comme une portion de sphére plus petite que celle de l'œil, on l'appelle aussi *cornée* ; & alors, pour distinguer ses deux parties, on nomme la derniére *cornée transparente*, & l'autre *cornée opaque*.

La pie-mere, en s'épanouissant sous la sclérotique, forme la seconde enveloppe, qui porte le nom de *choroïde*, & qui se divise en deux lames, dont l'une parfaitement contigue à la sclérotique, se confond avec elle, près de la cornée transparente.

« La seconde lame de la pie-mere, » dit M. le Cat, dans son Traité » des Sens, p. 373. fait proprement » ce qu'on appelle *la choroïde*, ou » *l'uvée* ; mais cette lame n'est qu'un » tissu des vaisseaux nerveux & liquo» reux, qui sortent de la surface in» terne de la premiére lame. Ces vais-

XVII. LEÇON.

»ſeaux portent une encre qui donne »la couleur noire ou brune à cette »ſeconde lame. Une partie de ces »vaiſſeaux & de ces nerfs s'ouvre à »la face interne de cette lame, & »y forme un tiſſu velouté, ou ma- »millaire, chargée de l'encre dont je »viens de parler. Ruiſch a fait une »tunique particuliére de ce *velouté*, »& on la nomme la ſeconde *tunique* »de la choroïde : ce ſeroit, *ſelon* »nous, la troiſiéme que la pie-mere »donneroit à l'œil : ſçavoir, une »vraîment membraneuſe unie à la »ſclérotique, ou cornée opaque, une »vaſculaire appellée *choroïde*, & »une veloutée appellée *tunique de* »*Ruiſch*. »

Vers le bord de la cornée tranſparente, la choroïde ſe dédouble : ſa partie antérieure forme l'*Iris*, & ſa partie poſtérieure eſt ce qu'on nomme la *couronne ciliaire*.

L'iris eſt ce cercle coloré qu'on apperçoit ſous la cornée tranſparente, & au milieu duquel il y a un trou rond, qu'on nomme la *prunelle*, ou la *pupille*. Cette partie, dont la couleur change, ſuivant les différens in-

dividus, a des fibres musculaires, dont les unes forment des cercles concentriques, & les autres sont comme des rayons qui tendent au centre de la prunelle. Les yeux bleus, sur-tout aux enfans, ont quelquefois ces derniéres fibres si apparentes, que le vulgaire croit y voir des cadrans, & les regarde comme une merveille.

La couronne ciliaire embrasse, & tient suspendu vis-à-vis la prunelle, un corps transparent d'une figure lenticulaire, plus convexe vers le fond de l'œil, que par-devant, & que l'on nomme le *cryſtallin*.

La partie médullaire du nerf optique s'épanouit aussi, & produit sous la choroïde une troisiéme membrane très-fine, baveuse, qui tapisse tout l'intérieur de l'œil, en se terminant à la couronne ciliaire : c'est ce qu'on nomme la *rétine*.

Toutes les parties que je viens de décrire, partagent l'intérieur du globe de l'œil en trois *chambres* : la premiére est comprise entre la cornée transparente & l'Iris : la seconde entre l'Iris & le crystallin, qui forme

XVII. LEÇON.

avec la couronne ciliaire une eſpéce de cloiſon. Ces deux premiéres chambres communiquent enſemble par la prunelle, & renferment une liqueur claire comme de l'eau, & qu'on nomme pour cela l'*humeur aqueuſe*. La troiſiéme chambre, beaucoup plus grande que les précédentes, eſt compriſe entre le cryſtallin & le fond de l'œil : elle contient une ſubſtance très-lympide, qui eſt d'une conſiſtance aſſez ſemblable à celle de la gelée de viande : on l'appelle l'*humeur vitrée*.

On doit donc concevoir, que le cryſtallin enchâſſé dans la couronne ciliaire, ſe trouve ſuſpendu vis-à-vis de la prunelle, entre l'humeur aqueuſe & l'humeur vitrée ; & que toutes ces petites fibres, qui tiennent ainſi à ſa circonférence, ſont des productions de la choroïde, laquelle appartient elle-même à la pie-mere, ſeconde enveloppe du nerf optique.

Le globe dont je viens de faire la deſcription ſe meut, comme je l'ai déja dit, dans l'orbite ; & pour ſe conſerver, il a par-devant deux eſpéces de rideaux, qu'on nomme *paupieres*, que l'animal peut ouvrir & fer-

mer à ſon gré, & qui ſont bordés d'une frange de poils, pour en écarter les petits corps étrangers, ou les inſectes qui voltigent dans l'air, & qui pourroient nuire à cet organe ſi précieux & ſi délicat.

Ce que je viens d'expoſer ici touchant les parties de l'œil, me ſuffit pour faire entendre ce que j'ai à dire ſur le méchaniſme de la viſion. Si l'on en veut ſçavoir davantage, on peut conſulter les Auteurs Anatomiſtes, qui ont traité cette matiére dans toute ſon étendue : il y en a un grand nombre; mais ſur les organes des ſens, l'ouvrage de M. le Cat que j'ai cité ci-deſſus, me paroît un des meilleurs, par ſa netteté & ſon exactitude.

La nature & la conſtruction de l'œil étant connus, voici en gros comment on peut concevoir, que les objets extérieurs font impreſſion ſur cet organe, & de quelle maniére leurs différentes parties ſe font ſentir, quand elles ſont à une diſtance convenable & ſuffiſamment illuminées.

Le cryſtallin étant par ſa figure & par ſa tranſparence tout-à-fait ſem-

XVII. LEÇON.

blable à une lentille de verre, & se trouvant placé entre des milieux d'une densité moindre que la sienne, doit avoir des effets semblables à ceux d'un verre lenticulaire placé dans l'air, ou dans l'eau : or, la Dioptrique nous apprend, qu'un tel verre, dans ces circonstances, rassemble dans un foyer les rayons paralleles ou peu divergens qu'il reçoit : *d'où je conclus qu'une pyramide de lumiére*, qui, partant d'un point lumineux *A*, *Fig.* 1. placé à une certaine distance, viendroit tomber sur le cryſtallin *C*, pourroit, après s'y être réfractée, tant en entrant, qu'en sortant, se rassembler en *a* au fond de l'œil, & faire dans ce petit endroit, toute l'impression qui se seroit distribuée sur un bien plus grand espace, si les rayons qui composent cette pyramide, n'avoient pas été réfractés par le cryſtallin.

Je conçois encore, que si deux pyramides semblables à la précédente, viennent des extrêmités & du milieu d'un même objet, appuyer leurs bases sur la surface du cryſtallin, comme *A C*, *B C*, *D C*, *Fig.* 2. non-

ſeulement chacune d'elle ſe raſſemblera dans un point *a*, *b*, ou *d* ; mais, que ces points de réunion ſeront ſéparés & diſtincts l'un de l'autre, & qu'ils ſe rangeront au fond de l'œil, dans un ordre oppoſé à celui des parties de l'objet, d'où viennent les rayons. Ce qui m'apprend 1°. pourquoi les impreſſions faites ſur l'organe, par la lumiére qui procéde des différens points de l'objet viſible, ne ſe confondent pas les unes avec les autres : 2°. comment l'image de l'objet, qui réſulte de ces impreſſions, ſe trouve renverſée dans l'œil.

Voilà ce que nous devons penſer des fonctions de l'œil, en raiſonnant ſuivant les principes qui ont été établis dans le premier & le troiſiéme article de la ſeconde Section. Ces principes ſont ſi certains, que quand nous n'aurions pas d'autres garants, on pourroit compter en toute ſûreté ſur ce que je viens d'expoſer ; mais joignons l'expérience à la théorie, & faiſons voir par une imitation de l'œil, que les effets de la lumiére y ſont tels que je les ai conçus,

XVII. LEÇON.

I. EXPERIENCE.

PREPARATION.

L'inſtrument repréſenté par *la Fig.* 3. eſt une boîte de bois ronde & groſſe à peu-près comme celles dans leſquelles on renferme les ſavonettes : elle eſt portée ſur un pied, pour être maniée & poſée plus commodément.

Cette boîte eſt percée de deux trous ronds, diamétralement opposés, dont l'un qui a un pouce & demi de diamétre, eſt recouvert avec un papier huilé, & l'autre reçoit un petit tuyau de bois d'un pouce de diamétre & cylindrique extérieurement, qui n'a qu'un pouce au plus de longueur.

Ce tuyau a intérieurement la forme d'un cône tronqué, & porte à ſon extrémité la plus étroite un petit verre lenticulaire, dont le foyer *eſt* à peu-près à la diſtance du papier huilé ; de ſorte qu'on peut l'y faire arriver juſtement, en faiſant avancer un peu ou reculer le petit tuyau.

Si

EFFETS.

Si placé dans un lieu un peu obscur, on tient l'inſtrument de maniére que le verre ſoit tourné vers quelque objet bien éclairé, & qui ne ſoit éloigné que de 30 ou 40 pas, on voit cet objet peint avec toutes ſes couleurs très-diſtinctement ſur le papier huilé, & dans une ſituation renverſée.

EXPLICATION.

Ces effets étant parfaitement conformes à ce que nous avons ſuppoſé qui arrive dans l'oeil, en raiſonnant d'après la théorie, & l'inſtrument employé dans notre expérience imitant l'organe de la viſion dans ſa partie eſſentielle, on peut regarder ce que j'ai expoſé plus haut, à l'aide des Figures 1. & 2. comme une explication anticipée des réſultats qu'on vient de voir, & ces réſultats comme des preuves complettes, de ce que la théorie nous avoit fait prévoir; mais comme l'oeil artificiel dont nous avons fait uſage, ne peut imiter que fort imparfaitement l'organe de la

XVII. LEÇON. vûe, il nous reste encore des remarques importantes à faire sur la vision, dont on trouvera le détail ci-après.

APPLICATIONS.

La cornée avec l'humeur aqueuse qu'elle recouvre, forme un corps transparent d'une surface convexe, & d'une densité plus grande que celle de l'air : de-là résultent des effets avantageux ; cette partie de *l'œil*, *à* cause de sa figure, & du pouvoir réfringent qu'elle a, fait entrer dans la prunelle des rayons qui n'y entreroient point sans cela : une partie de ceux qui tomberoient sur l'Iris, deviennent, ou moins divergens, ou paralleles, en se réfractant vers *p*, *Fig.* 1. & par cette raison, ils entrent en plus grande quantité dans la prunelle, & font voir l'objet plus clairement. De plus, cette même partie de l'œil, à cause de la *saillie* qu'elle a, procure à la vue une plus grande étendue. Il est aisé de comprendre, que si la cornée étoit plane, & à fleur de l'orbite, l'animal ne verroit que les objets qui seroient directement placés devant lui ; il

faudroit qu'il tournât la tête à tout instant pour appercevoir les autres; au lieu qu'étant arrondie & saillante, elle fait voir distinctement ce qui est devant l'oeil, & appercevoir au moins confusément, ce qui est sur les côtés, jusqu'à une certaine distance.

L'humeur aqueuse, s'il est vrai, comme on le dit, que son dégré de réfringence soit égal, ou à peu-près, à celui de l'eau, eût été sans effet pour les poissons; la réfraction de la lumiére n'auroit commencé qu'au crystallin; & s'il eût été reçulé comme dans les autres animaux, leur vûe n'auroit pas eu cette étendue latérale dont je viens de parler. La nature leur a procuré cet avantage, en leur donnant un crystallin d'une figure sphérique, d'une consistance plus grande, saillant comme notre cornée, & une prunelle très-ouverte. Son intention n'a point été, comme on le croit communément, de suppléer, par la sphéricité du crystallin, à la quantité de réfraction qui manque, par la suppression de l'humeur aqueuse: il est démontré qu'une

XVII. LEÇON.

lentille formée de deux segmens; rassemble les rayons plus près du point de leur incidence, que ne le peut faire la sphére entiére, dont elle fait partie.

La lumiére n'a pas toujours le même dégré d'intensité: elle est tantôt plus forte, tantôt plus foible, suivant la nature des corps qui nous l'envoyent, & la quantité des obstacles qu'elle rencontre sur sa route: d'ailleurs, il y a des yeux plus sensibles les uns que les autres à ses impressions; il étoit donc nécessaire, pour ménager l'organe, que nous pussions mesurer à notre gré la quantité des rayons qui pénétrent dans l'oeil; & c'est ce que nous faisons sans nous en appercevoir, en étrécissant ou en dilatant la prunelle. Ces mouvemens se font par l'action de ces petits muscles, dont nous avons dit que l'Iris est composée: le premier, par la contraction des fibres circulaires; le second, par celle des fibres droites qui tendent à un centre commun; & quand cela ne se fait point assez promptement, nous en ressentons quelques incom-

modités, comme lorſque nous paſſons ſubitement d'un lieu fort obſcur dans un autre très-éclairé, ou tout au contraire. Dans le premier cas, le grand jour nous éblouit & nous fait mal aux yeux; dans le ſecond, nous ſommes quelque tems ſans voir les objets, nous ne commençons à les diſtinguer, que quand la prunelle s'ouvre davantage.

On conçoit facilement, par tout ce que nous avons dit dans la Dioptrique, touchant les effets des lentilles diaphanes, que le cryſtallin eſt capable de raſſembler, comme dans un point, ſur le fond de l'œil, tous les rayons qui partant d'un même point de l'objet, arrivent à ſa ſurface antérieure; mais on ſçait auſſi par les mêmes principes, que ce point de réunion doit être plus ou moins éloigné de la lentille, que les rayons incidens ſont plus ou moins divergens entr'eux; & comme cette divergence, diminue à meſure qu'on augmente la diſtance entre l'objet & l'œil, on demande, comment il ſe peut faire que la viſion ſoit diſtincte, quand on regarde de plus près & de plus loin.

XVII. LEÇON.

Cette difficulté eſt réelle & bien fondée. Il eſt sûr que ſi des rayons divergens comme *A b*, *A d*, *Fig.* 4. en paſſant par les humeurs de l'œil, s'y réfractent précisément autant qu'il le faut pour ſe réunir à la diſtance *DD*, où l'on ſuppoſe le fond de l'œil; d'autres rayons plus divergens, comme *B b*, *B d*, ſi rien ne change dans cet œil, doivent ſe réunir *plus loin*, *en e*, par exemple; & au contraire, ceux qui ſeroient moins divergens que les premiers, comme *C b*, *C d*, ſe croiſeroient avant que d'arriver à la diſtance *D D*, comme on le voit en *f*. Dans ces deux derniers cas, la viſion ſeroit confuſe, parce que l'impreſſion de la lumiére, au lieu de ſe faire ſur des points de l'organe, ſe feroit dans des cercles d'une étendue ſenſible, qui anticiperoient les uns ſur les autres. Comme il y a des limites aſſez grandes entre leſquelles cela n'arrive pas (*a*), les Opticiens s'y

(*a*) M. Jurin qui a publié une excellente Diſſertation ſur la viſion diſtincte, prétend que le commun des hommes, dans le moyen âge, voit diſtinctement les petits objets qui ne ſont pas plus près que 6 ou 8 pouces de l'œil, ni plus éloignés que 14 pieds: *Eſſay on diſtinct*

font pris de différentes maniéres, pour en rendre raifon.

XVII. LEÇON.

Les uns prétendent que le globe de l'œil, par l'action des mufcles extérieurs, change de figure au befoin; qu'il s'alonge, pour voir diftinctement les objets qui font trop près de lui; qu'il fe racourcit au contraire, pour ceux qui font trop éloignés. Si cela eft, il ne faut pas chercher d'autres raifons: il eft certain, que fi le fond de l'œil *D D* peut fe reculer jufqu'en *e*, & fe rapprocher jufqu'en *f*, les trois fortes de rayons incidens, que nous avons fuppofés plus haut, pourront s'y réunir auffi parfaitement qu'il eft poffible. Mais en confidérant d'une part, les limites de la vifion diftincte, & les différens dégrés de divergence qu'elles permettent aux rayons incidens; & de l'autre, en fommant les effets que peuvent avoir fur la lumiére les humeurs de l'œil, en

nd indiftinct vifion. Le Docteur Porterfield, ans les effais de Médecine d'Edimbourg, *t.* IV. étermine ces limites entre 6 pouces & 27 pou- 's : Il doit y avoir fur cela bien des variations, ivant la différence des yeux, &c.

XVII. LEÇON.

vertu de leurs pouvoirs réfractifs (*a*), on trouve qu'il n'est pas vraisemblable, ni même possible, que le globe s'alonge & se racourcisse autant qu'il faut le supposer, pour satisfaire entiérement à la question dont il s'agit (*b*).

Les autres pensent que le crystallin peut s'avancer ou se reculer, par l'action des ligamens ciliaires, que l'on regarde aussi comme des petits muscles : cela seul fourniroit encore une explication satisfaisante, si les mouvemens qu'on suppose au crystallin, pouvoient faire varier la distance qu'il y a entre lui & le fond de l'œil, autant que l'exige la différence de celles avec lesquelles les objets se voyent distinctement; mais il

(*a*) Selon M. Jurin, le sinus de réfraction, pour la lumiére qui passe de l'air dans l'humeur aqueuse, est au sinus d'incidence, comme 4 à 3; pour celle qui passe de l'humeur aqueuse dans le crystallin comme 13 à 12; & pour celle qui passe du crystallin dans l'humeur vitrée, comme 12 à 13. *Essay on distinct and indistinct vision.*

(*b*) Si l'on admet les limites de la vision distincte établies par M. Jurin, il faudroit que l'axe de l'œil devînt d'un dixiéme plus long que dans l'état naturel.

est

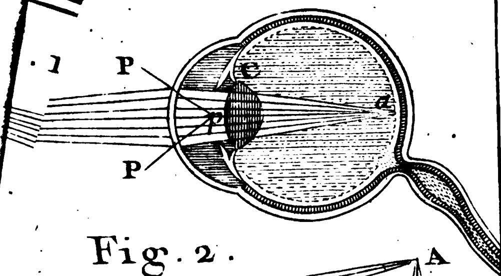


Fig. 2.

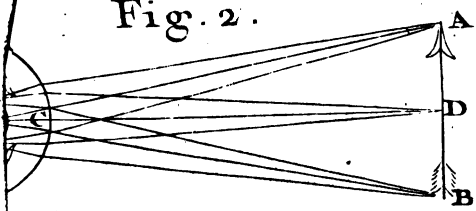


Fig. 4.

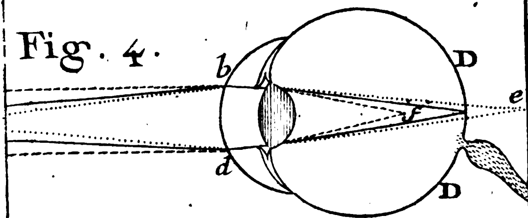
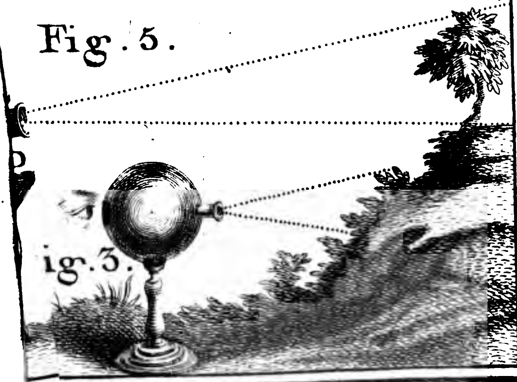


Fig. 5.



est encore moins possible que cela arrive par le jeu qu'on suppose au crystallin, que par l'alongement & le raccourcissement du globe de l'œil.

Enfin, M. Jurin que j'ai déja cité plusieurs fois, a cru trouver dans l'anatomie de l'œil, plus approfondie qu'elle ne l'avoit été jusqu'à lui, la vraie cause du phénoméne dont il est ici question.

Il observe d'abord, que la cornée transparente est flexible & élastique, capable, par conséquent, de devenir plus convexe, si elle est tirée en arriére par sa circonférence, & de reprendre son premier état, dès qu'on fera cesser l'action qui la resserre.

Il remarque ensuite, que l'uvée est une membrane musculeuse, capable de se resserer, & qu'elle prend son origine dans une protubérance circulaire qui régne le long de l'intérieur de la cornée, à l'endroit où elle se joint à la sclérotique; il appelle cette protubérance *le grand anneau musculeux*, & il nomme *petit anneau musculeux* celui de la même membrane, qui est du côté de la prunelle.

On sçait d'ailleurs que le crystallin

XVII. LEÇON.

est renfermé dans une capsule membraneuse, avec un peu d'eau entre deux; que la partie postérieure de cette capsule est adhérente à la membrane déliée qui contient l'humeur vitrée, & que les ligamens ciliaires qui sont des petits muscles, tiennent d'une part au bord de cette capsule, & de l'autre, à l'endroit où la cornée transparente se joint avec la sclérotique (a).

A l'aide de ces observations, M. Jurin raisonne ainsi : Lorsque l'œil est parfaitement en repos, & qu'il ne fait aucun effort, il est en état de voir très-distinctement les petits objets à une distance donnée, qui est pour le commun des hommes de 15 à 16 pouces. « Lorsque nous regardons ces objets de plus près, » je crois, continue-t-il, que le » grand anneau musculeux de l'uvée » se resserre; ce qui rend la cornée » plus convexe, & la premiére ré» fraction des rayons plus grande: » cet effet compense la trop grande » divergence, qui vient de la proxi-

(a) Voyez un Mém. de M. Petit, dans le vol. de l'Acad. des Sc. pour l'année 1730.

» mité de l'objet. Si nous regardons » à une diſtance plus grande que de » 15 ou 16 pouces, les ligamens ci-» liaires, en ſe contractant, tirent » les bords de la capſule, & font » remonter vers eux l'eau qui ſe » trouve entre cette enveloppe & le » corps du cryſtallin, qui par-là de-» vient moins épais du milieu : ſa » convexité ainſi diminuée, compenſe » le dégré de divergence qui man-» que aux rayons qui viennent de » trop loin ».

L'ingénieux Auteur de cette explication ne s'eſt pas contenté de la voir en gros, il l'a ſoumiſe au calcul & aux meſures les plus exactes : il eſt vrai que dans quelques points elle n'en ſoutient pas toute la rigueur ; mais pourquoi ne lui aſſocieroit-on pas l'opinion de ceux qui ſuppoſent une variation de figure dans le globe de l'œil, du moins pour les eſpéces d'animaux qui ont cet organe entiérement flexible ? ces deux cauſes étant également probables, je ne vois pas pourquoi l'on s'obſtineroit à n'admettre que l'une des deux, lorſqu'elle ne ſatisfait pas à toutes les difficultés.

XVII. LEÇON.

S'il est vrai que pour le commun des hommes, la distance de 15 à 16 pouces, soit celle où l'oeil voit sans contrainte & distinctement les petits objets, il n'est pas moins certain qu'il y en a pour qui elle est beaucoup trop grande, & d'autres, pour qui elle est trop petite. Les premiers s'appellent *myopes*, parce qu'ils distinguent très-bien tout ce qu'il y a de plus petit, en le regardant à la distance qui leur convient : on nomme les autres *presbytes*, parce que le défaut de leur vûe est fort commun parmi les personnes âgées.

Les myopes ont les humeurs de l'oeil trop convexes, pour la distance qu'il y a du crystallin à la rétine : les rayons qui viennent d'un objet placé à 15 ou 16 pouces, sont trop peu divergens pour la somme des réfractions qu'ils ont à souffrir, ils se croisent avant que d'arriver au fond de l'oeil. Ceux qui ont ce défaut ne manquent pas sans doute de faire tout ce que font les vûes communes, à l'aspect d'un objet trop éloigné; mais comme cela ne leur suffit pas pour voir d'une maniére distincte, à

15 ou 16 pouces, ils regardent de beaucoup plus près, & par ce moyen ils reçoivent dans leurs yeux, des rayons qui ont une grande divergence. Par quelque moyen que ce soit, quand cet excès de divergence se trouve dans un rapport convenable avec la trop grande convexité des humeurs réfringentes, les myopes ont la vision distincte, & ils voyent avec plus de clarté que les autres, parce qu'ils reçoivent plus de lumiére de chaque point visible.

Dans l'œil d'un presbyte les humeurs sont moins réfringentes qu'elles ne le sont communément dans les autres yeux; soit par défaut de convexité, soit que quelque maladie ou la vieillesse ait altéré leur pouvoir réfractif: elles ne peuvent pas plier assez les rayons de lumiére pour les rassembler sur la rétine, à moins que leur divergence ne soit moindre qu'elle ne l'est, quand ils viennent d'une distance de 15 ou 16 pouces. Voilà pourquoi ces sortes de vûes aiment à regarder de fort loin, & que pour voir distinctement de plus près il faut que l'oeil fasse un effort,

XVII. LEÇON.

ou pour ſe raccourcir, ou pour rendre la cornée tranſparente plus convexe qu'elle ne l'eſt ordinairement.

Ces ſortes de vûes, trop courtes ou trop longues, ont encore une reſſource pour voir diſtinctement, c'eſt de rétrécir beaucoup la prunelle; cela diminue la groſſeur des pyramides, ou pinceaux de lumiére qui entrent dans l'œil: par ce moyen les rayons qui les compoſent, quoiqu'imparfaitement réunis, ne font point une large impreſſion au fond de l'organe. C'eſt ce qu'on peut éprouver aiſément, en mettant tout près de ſon œil une carte percée d'un trou d'épingle; on voit par-là diſtinctement tout objet qui ſeroit trop près pour être vu à l'œil nu, parce qu'alors il n'y a, pour ainſi dire, que les axes des pyramides qui contribuent à former l'image.

Lorſque ces défauts de la vûe ſont augmentés à un tel point, qu'on n'y peut pas remédier, ſoit en changeant la diſtance de l'objet, ſoit par les efforts de l'organe, ou que l'on veut ſe diſpenſer d'avoir recours à ces moyens, l'art en fournit d'autres:

dont je ferai mention dans l'Article suivant. XVII. LEÇON.

Après tout ce que je viens de dire touchant les limites de la viſion, tant pour les vûes ordinaires, que pour celles des presbytes & des myopes, il reſte encore à ſçavoir, pourquoi nous diſtinguons des objets éloignés, au point de les reconnoître à une lieue de diſtance, & bien davantage. Pour répondre à cette queſtion, j'obſerverai qu'il y a deux ſortes de viſions, l'une qui eſt diſtincte, plus parfaite, & qui n'eſt néceſſaire que dans certaines occaſions; l'autre qui eſt imparfaite, moins diſtincte, & qui ſuffit ordinairement. Nous déſirons la premiére pour les petits objets, & pour tout ce que nous regardons à une petite diſtance: nous nous contentons de la ſeconde, pour ce qui eſt grand & fort éloigné. Si je lis une lettre, ſi j'examine un bijou, j'ai beſoin d'en diſtinguer toutes les parties: tous les points viſibles étant contigus les uns aux autres, ne peuvent être vus diſtinctement, qu'autant qu'ils ſe font ſentir ſéparément ſur l'organe; & cela exige que les faiſ-

XVII. LEÇON.

ceaux de rayons qu'ils envoyent à l'oeil, fassent bien la pointe sur la rétine. Pour ce dernier effet, la distance plus ou moins grande de l'objet tire à conséquence : il n'en est pas de même, si je regarde un édifice qui est à une lieue de moi ; peu m'importe de compter les tuiles ou les ardoises de la couverture ; je suis content de distinguer le corps du bâtiment, les ailes, les pavillons, les portes, les fenêtres, les cheminées, &c ; & tout cela se peut aisément, parce que ces parties, qui sont grandes & séparées les unes des autres, se peignent aussi séparément au fond de l'oeil : ce qui suffit pour les rendre sensibles, sans confusion.

Jusqu'ici j'ai parlé de la rétine, comme de la partie de l'oeil, sur laquelle se font les impressions de la lumière qui servent à la vision ; & en effet, c'est le sentiment le plus ancien & le plus commun : mais je ne dois point taire que de très-habiles Opticiens attribuent cette fonction à la choroïde, & rapportent, en faveur de leur opinion, des faits & des raisonnemens qui ont beaucoup de

poids. J'en supprime le détail, renvoyant le lecteur aux Œuvres de M. Mariotte (*a*), à qui l'on doit cette découverte, si c'en est une; & au traité des Sens de M. le Cat (*b*), qui la croit très-réelle, & qui en prend la défense; mais je ne puis me dispenser de rapporter une Expérience très-curieuse qui a donné lieu à cette question, & qui a déterminé M. Mariotte à croire que la choroïde est véritablement l'organe immédiat de la vûe.

Cet Académicien sçachant que la partie médullaire du nerf optique où la rétine prend son origine, n'est point au milieu du fond de l'œil, où se fait la peinture de l'objet qu'on regarde directement; mais un peu plus haut, & à côté, en tirant vers le nez, (au moins dans l'homme) voulut voir, si l'image qui tomberoit sur cet endroit seroit sensible. Pour cet effet, il attacha contre une mu-

(*a*) Recueil des Œuvres de M. Mariotte; Lettre à M. Piquet.

(*b*) P. 385. non-seulement M. le Cat adopte le sentiment de M. Mariotte sur l'organe immédiat de la vûe; mais il l'appuie par plusieurs Expériences de sa façon, & par des observations qui paroissent décider la question.

XVII. LEÇON.

raille de couleur sombre, un petit cercle de papier blanc pour fixer sa vûe; & puis à la distance d'environ deux pieds sur la droite, il en attacha un autre un peu plus large, & un peu plus bas que le premier: ensuite tenant l'œil gauche fermé, & fixant le droit sur le premier morceau de papier, il appercevoit en même-tems le second qui étoit à côté; mais lorsqu'en reculant peu-à-peu, il fut éloigné à la distance de 9 pieds de la muraille, il perdit de vûe celui-ci; & cet effet ne venoit pas de ce que ce papier étoit trop écarté de celui qui servoit de point de vûe fixe: car les objets qui étoient encore plus loin sur la droite, s'appercevoient très-bien. Cette Expérience réitérée & retournée de toutes les maniéres eut toujours le même résultat; & cela prouve incontestablement, que les images qui tombent précisément sur la partie médullaire du nerf optique, ne sont point sensibles; d'où M. Mariotte conclut, que la rétine qui est une extension de cette partie médullaire, est insensible comme lui, & qu'elle ne sert qu'à modérer l'ac-

tion de la lumiére qui pénétre son tissu lâche & transparent, avant que de toucher la choroïde, où il prétend que s'accomplit la vision.

La clarté de la vision dépend de deux choses : premiérement, de la quantité de rayons qui se rassemblent au fond de l'œil, pour faire sentir chaque point visible de l'objet ; & en second lieu, de la place plus ou moins grande qu'occupe sur la rétine, ou sur la choroïde, l'image d'un objet donné. Car plus cette image s'étend, plus les impressions se partagent à différentes parties de l'organe, & moins chacune d'elles en est ébranlée. Voilà pourquoi nous ouvrons la prunelle autant que nous le pouvons, pour lire l'écriture, quand le jour baisse, ou que nous sommes dans un lieu sombre; & en tel cas, nous regardons aussi de plus près que ne le demande la portée ordinaire de notre vûe. Par ces deux moyens, la prunelle embrasse plus de lumiére ; mais le dernier exige de la part de l'œil un effort, pour remédier à la trop grande divergence des rayons ; & cet effort, quand il dure, ne

manque pas de fatiguer l'organe.

XVII. LEÇON. Quant au dégré de clarté qui dépend de l'étendue de l'image, il ne seroit d'aucune considération, si la lumiére qui vient de loin ne souffroit beaucoup de déchet, en passant au travers de l'air, ou des autres corps diaphanes; car si les faisceaux de lumiére qui viennent d'un objet éloigné contiennent moins de rayons, à cause de leur divergence qui les raréfie de plus en plus; d'un autre côté, l'image qu'ils forment au fond de l'œil diminue de grandeur à proportion; les impressions se condensent, pour ainsi dire, à mesure que la lumiére qui les produit se raréfie.

Lorsqu'étant dans une chambre, nous regardons les passants à travers les vitres, nous les voyons bien mieux qu'ils ne nous voyent: ce qui cause cette différence, c'est que la lumiére qui vient d'eux à nous, est plus vive que celle avec laquelle ils nous appercoivent; de plus leurs yeux affectés du grand jour où ils sont, ne peuvent sentir cette lumiére foible, autant que les nôtres, qui sont plus reposés, en peuvent sentir une

plus forte : les effets sont tout différens, lorsqu'il fait nuit au dehors, & que nous sommes dans un lieu bien illuminé.

Quand un objet se meut très-rapidement devant nos yeux, nous lui attribuons souvent une grandeur & une figure qu'il n'a point. Un polyhédre qui tourne sur son axe nous semble être une sphére ; de même qu'un cercle qu'on fait tourner sur un de ses diamétres : les petits moulins à vent dont les enfans s'amusent, ont la forme d'un plan circulaire : les cordes qui sont en vibration, se voyent sous la figure d'un lozange fort alongé. Le charbon ardent qu'on fait tourner, représente un cercle lumineux : la fusée qui s'éleve, paroît être une traînée de feu, &c. Tous ces effets dépendent d'une même cause que voici. L'objet qui se meut, se peint successivement sur différens endroits au fond de l'œil : lorsque cette image passe rapidement de l'un à l'autre, l'impression qu'elle a faite sur le premier, subsiste encore, quand elle commence à se faire sentir sur le second, sur le troisiéme, &c. Il ar-

XVII. LEÇON.

rive de-là, que les apparences successives de l'objet, en différens lieux, nous paroissent comme liées ensemble : ainsi celui qui se verroit comme un point, s'il étoit en repos, se voit comme une ligne, quand il passe d'un lieu dans un autre avec une certaine vîtesse; celui qui n'a de visible que sa longueur représente un plan, & le demi-cercle qui fait des révolutions autour de son diamétre, présente à l'œil une sphére solide; ainsi l'on a tout lieu de croire, que ces traînées de lumiére qu'on voit pendant la nuit dans l'atmosphére, & que le vulgaire appelle *étoiles qui changent*, ou *qui tombent*, ne sont autre chose que des globes de vapeurs enflammées, qui passent rapidement d'un lieu dans un autre, ou l'inflammation successive, mais rapide, de pareille matiére, étendue suivant une certaine direction.

En rapprochant les paupiéres l'une de l'autre, comme pour fermer l'œil; (ce qui s'appelle communément *cligner*,) si vous regardez directement une chandelle allumée, pendant la nuit, vous appercevrez aux parties supérieures & inférieures de la flamme,

de longs rayons de lumiére, semblables à ceux par lesquels on représente la gloire autour des images des saints, & si vous abaissez doucement quelque obstacle, comme le doigt ou la main devant l'œil, vous intercepterez les rayons d'en bas: ceux d'en haut disparoîtront de même, si vous faites monter l'obstacle de bas en haut.

Ce fait a mérité l'attention des Physiciens. M. de la Hire croit que cela vient de ce que les rayons de lumiére qui viennent de la flamme, se réfractent de haut en bas, & de bas en haut, en traversant une eau glaireuse qui s'amasse au bord des paupiéres, à l'endroit où elles touchent la cornée transparente. M. Briggs, célébre Médecin Anglois, dans son Ophthalmographie a pensé à peu-près de même. Mais M. Shmith, considérant que les rayons dont il s'agit ne se présentent point sous diverses couleurs, comme il doit arriver à une lumiére réfractée, ne goûte point cette explication: il pense que le fait dont il s'agit, doit être plutôt attribué aux inflections que souffrent les rayons, en passant près des

XVII. LEÇON.

bords de la paupiére, tant d'en haut que d'en bas.

Nous avons deux yeux, & dans l'usage ordinaire que nous en faisons nous ne voyons pas l'objet double, quoiqu'il soit bien vrai, que son image se peint en même-tems dans l'un & dans l'autre. Est-ce, comme l'ont dit plusieurs Auteurs célébres, que nous n'en faisons agir qu'un à la fois, & que de ces deux organes, il y en a toujours un qui se repose; ou bien l'ame ne fait-elle attention qu'à l'une des deux images? Je crois bien qu'on peut me citer des cas où cela arrive; mais comme il s'agit ici de ce qui se passe ordinairement dans la vision des objets, ce n'est point sur quelques exemples particuliers que je dois me régler. Or, à juger de la vûe des autres par la mienne, & par celle d'un grand nombre de personnes que j'ai consultées, il est certain qu'on voit des deux yeux le même objet, & que les deux images influent sur la vision, & contribuent à la sensation; car, on voit mieux, & plus fortement des deux yeux, qu'avec un seul; on se fatigue moins la

vûe,

vûe, & l'on juge plus promptement, plus sûrement, de ce que l'on regarde. Quand bien même il y auroit des hommes, qui dans les cas ordinaires n'employeroient qu'un œil, ne faudroit-il pas toujours expliquer, pourquoi ces sortes de borgnes ne voyent pas double dans les occasions où ils en employent deux? Voici comment le plus grand nombre des Opticiens répondent à cette question:

La membrane qui tapisse le fond de l'œil, & sur laquelle se peint l'objet, (que ce soit la rétine ou la choroïde, peu nous importe ici), cette membrane, dis-je, est un tissu de fibres qui appartiennent au nerf optique; & nous avons lieu de croire, au moins peut-on le supposer avec beaucoup de vraisemblance, que dans les deux yeux d'un même individu, ces membranes, pour l'ordinaire, se ressemblent par le nombre, l'arrangement, & peut-être, par le dégré de ressort des filets nerveux qui les composent. Cela étant ainsi, dès que les deux yeux se dirigent vers un même objet, les images tombent dans l'un & dans l'autre, sur des parties

XVII. LEÇON.

ſemblables & correſpondantes du tiſſu dont je viens de parler, & les deux ſenſations qui en réſultent étant, pour ainſi dire, à l'uniſſon l'une de l'autre, ne font naître dans l'ame qu'une ſeule & même idée, plus forte & mieux décidée, que par une ſeule image, mais toujours identique, à peu-près, comme le ſon qui frappe les deux oreilles, ou l'odeur qu'on reçoit dans les deux narines.

Il ſuit de-là, qu'on doit voir l'objet double, quand les deux images tombent au fond des yeux, ſur des parties qui ne ſont pas analogues ou correſpondantes; & c'eſt en effet, ce qui arrive, quand ces parties ſemblables ne ſe trouvent pas tournées du côté du même objet, comme on peut l'éprouver ſoi-même, en preſſant un peu de côté l'un des deux yeux, pour le détourner.

La direction des deux *axes optiques* (*a*) vers un même objet, nous eſt utile, non-ſeulement parce qu'elle

(*a*) On appelle *axe optique* la ligne qui venant du milieu du fond de l'œil, paſſe par les centres du cryſtallin & de la cornée tranſparente, & ſe prolonge juſqu'à l'objet.

nous empêche de le voir double ; mais elle nous sert encore à bien juger de sa distance, quand il n'est pas fort éloigné. Sans ce secours, nous nous y trompons fort aisément, & ce n'est que par une grande habitude qu'on apprend à s'en passer. Un homme qui ferme un œil, ou qui est nouvellement borgne, ne porte point à coup sûr le bout du doigt, sur une petite piece de monnoie placée à quelques pieds de lui, comme le fait un autre homme qui laisse agir ses deux yeux ; parce que celui-ci est guidé par le croisement des axes optiques. Si le chasseur avoit besoin de juger de la distance, autant que de la direction de la perdrix qu'il a en vûe, il auroit tort de fermer un œil pour tirer plus juste.

Un homme passe pour avoir la *vûe droite*, quand il dirige naturellement, & sans effort, les axes de ses deux yeux vers l'objet qu'il regarde : & l'on dit qu'il est *strabite*, ou qu'il a la *vûe louche*, quand l'un de ses yeux se tourne directement à son objet, & que l'autre s'en écarte pour se diriger ailleurs.

XVII. LEÇON.

M. de la Hire qui s'est appliqué particuliérement à examiner les défauts & les accidens de la vûe, dit, pour rendre raison du *strabisme*, que l'image de l'objet ne se peint bien distinctement que sur une certaine portion de la rétine, qu'il suppose être la plus sensible, & au milieu de laquelle répond l'extrêmité de l'axe optique, dans un oeil bien conformé; mais que dans les yeux louches cette partie est plus d'un côté que de l'autre; de sorte que pour y faire tomber les images, il faut que l'axe optique se dirige différemment, que celui d'un oeil qui a le regard droit.

M. Jurin allégue contre cette explication une expérience facile à faire, & qui paroît sans réplique; c'est que l'œil louche qui se détourne de l'objet quand l'autre agit, ne manque pas de se retourner directement vers lui, quand on ferme le bon œil. S'il s'étoit d'abord tourné de travers, pour présenter la partie sensible de la rétine qu'on suppose être mal placée, comment peut-il voir l'objet quand il se redresse, ou plutôt, pourquoi se redresse-t-il pour le voir?

M. de Buffon, qui a traité cette matiére (*a*) depuis M. Jurin, pense comme lui, que les strabites ne regardent jamais que d'un œil, & il en tire la raison d'un fait qui est assez connu ; c'est que dans la plupart des hommes, les deux yeux n'ont pas la vision distincte dans les mêmes limites : l'œil droit, par exemple, verra fort bien les plus petits objets, depuis 8 pouces de distance jusqu'à 20, & pour l'œil gauche, ce sera peut-être depuis 12 jusqu'à 24. Or, dit M. de Buffon, quand cette inégalité est grande à un certain point, les deux yeux ne peuvent pas voir ensemble le même objet distinctement ; l'image confuse dans l'un des deux, empêche que l'impression qui se fait plus correctement dans l'autre, ne soit aussi-bien sentie qu'elle le seroit, si elle étoit la seule ; & comme on cherche naturellement à voir aussi bien qu'il est possible, la personne qui a ce défaut, contracte l'habitude de détourner l'œil hors de la portée duquel l'objet se trouve, pour ne laisser agir que celui qui peut le distinguer nettement.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc. 1743. p. 231.

XVII. LEÇON.

Cette explication est tout-à-fait ingénieuse ; elle n'est cependant pas au-dessus de toute difficulté. M. de Buffon en a prévu plusieurs qu'on pouvoit lui faire, & auxquelles il répond par des expériences & par des raisonnemens plausibles : il ajoute de plus, que le strabisme pourroit bien avoir d'autres causes, que celle qu'il a indiquée ; mais il croit que celle-là est la principale & la plus commune.

Pour moi, après avoir long-tems réfléchi sur le strabisme, après avoir observé & questionné un grand nombre de personnes de tout sexe & de tout âge, qui avoient ce défaut, je suis porté à croire qu'il y a deux sortes de louches : que les uns le sont nécessairement & toujours, par une mauvaise conformation de l'organe, & les autres seulement par habitude ou par distraction : que les premiers voyent des deux yeux le même objet & le voyent simple ; que les derniers, ou ne voyent que d'un œil à la fois, ou voyent double ce qu'ils regardent ; que ceux-ci par attention sur eux-mêmes, peuvent se corriger avec le tems ; mais qu'il est presqu'impossible

que la vûe des autres se redresse, sur-tout s'ils sont nés avec ce défaut, ou qu'ils l'ayent contracté depuis long-tems.

L'œil est sujet à plusieurs maladies: une des plus fâcheuses, c'est lorsque le cryſtallin devient opaque, en tout, ou en partie; c'est ce que l'on appelle *cataracte*. Quand cette opacité est bien décidée, le seul reméde qu'on y puisse apporter, est de retrancher cette partie de l'œil, & d'y suppléer par l'usage d'une lunette appropriée à ce défaut. Il y a deux maniéres d'ôter le cryſtallin: la plus ancienne, & celle qu'on pratique encore le plus souvent, c'est de faire un petit trou dans la cornée opaque, pour y introduire une espéce d'aiguille, avec laquelle on détache le cryſtallin des ligamens ciliaires, pour le faire tomber dans la partie inférieure du globe de l'œil, & au dessous de la prunelle. La seconde façon qui est plus nouvelle, & que j'ai vu pratiquer avec beaucoup d'adresse & de succès à M. Daviel, qui s'est rendu célébre par cette opération, c'est de couper avec des ciseaux la cornée transpa-

XVII. LEÇON.

rente, dans les deux tiers de sa circonférence, & d'emporter hors de l'oeil le cryſtallin tout entier : les bords de la cornée ſe rejoignent enſuite à la ſclérotique, & l'humeur aqueuſe ſe répare : c'eſt l'affaire de 8 ou 10 jours. De quelque maniére qu'on ſupprime le cryſtallin devenu opaque, la vûe revient à celui qui l'avoit perdue par cet accident : le globe de l'oeil étant totalement rempli par les deux humeurs aqueuſe & vitrée, les rayons de lumiére qui ne trouvent plus d'obſtacle, ſe raſſemblent ſur la rétine, mais imparfaitement, parce qu'il leur manque le dégré de réfraction qu'ils reçoivent ordinairement dans le cryſtallin ; on y ſupplée par l'uſage d'un verre convexe qu'on tient devant l'oeil, comme je le dirai plus particuliérement, en parlant des lunettes propres aux preſbytes.

Un autre accident de la vûe, c'eſt lorſque la bile vient à ſe mêler abondamment avec l'humeur aqueuſe : alors tous les objets paroiſſent jaunes, parce que la lumiére qu'ils envoyent vers les yeux qui ont cette maladie, ſe décompoſe, comme ſi

elle

elle paſſoit par un verre jaune, & qu'il n'y a preſque plus que les rayons de cette couleur, qui tracent les images au fond de l'organe. Il s'eſt trouvé des gens, qui à la ſuite d'une maladie, ou de quelque grand accident, voyoient rouge, verd, ou bleu, tout ce qui s'offroit à leur vûe: il y a lieu de croire, que les humeurs de leurs yeux avoient reçu quelque teinte de ces couleurs.

Pendant la nuit, ſi l'on ſe frotte les yeux d'une certaine maniére, ou ſi l'on y reçoit un coup un peu rude, il arrive ſouvent qu'on croit voir des traits de lumiére ou de groſſes étincelles; d'où peuvent venir ces apparences dans l'obſcurité, & même lorſque nous avons les yeux bien fermés? Nous ne pouvons les attribuer qu'à l'ébranlement de l'organe, ſoit que cela ſe faſſe immédiatement, par le choc du corps étranger qui frotte ou heurte extérieurement, ſoit que la commotion extérieure, en ſe communiquant, anime la matiére de la lumiére qui réſide dans les moindres parties de l'organe, comme par-tout ailleurs; & que par ce moyen, les

XVII. LEÇON. fibres nerveuſes ſoient miſes en jeu, comme elles le feroient, par l'action d'une lumiére qui viendroit du dehors.

Nos ſenſations naiſſent des impreſſions qui ſe font ſur certaines parties de nos corps. Si telle ou telle impreſſion peut ſe faire par différens moyens, la même ſenſation peut avoir lieu par pluſieurs cauſes : nous en avons des exemples dans les autres ſens. Ce tintement que nous ſentons quelquefois dans l'oreille, ne reſſemble-t-il pas à certains ſons qui nous viennent ordinairement du dehors? Et pourquoi comparons-nous les douleurs aiguës cauſées par une colique, à celles que fait ſentir une pointe ou un tranchant, ſinon parce que les unes & les autres nous paroiſſent tout-à-fait ſemblables? Les bluettes que nous voyons dans l'obſcurité, nous donnent donc tout lieu de croire, que le fond de l'œil eſt alors affecté, comme il le feroit par une lumiére qui viendroit du dehors.

APRÈS avoir parlé des effets de la lumiére en général, par rapport à la viſion, il me reſte un mot à dire, tou-

chant la maniére dont nous appercevons la couleur de chaque objet.

Les couleurs considérées dans le sens de la vûe, ne sont autre chose que les idées particuliéres qui naissent ou qui se réveillent en nous, à l'occasion des impressions qui se font sur l'organe, par les différentes espéces de lumiére que j'ai fait connoître, dans le premier Article de la 3ᵉ Section, soit qu'elles agissent séparément les unes des autres, soit qu'elles se combinent plusieurs ensemble.

On peut légitimement supposer, que chacune de ces lumiéres différe des autres, par la grandeur, la figure, le ressort de ses parties, ou par l'espéce de mouvement qui les anime : comme nous éprouvons par l'usage de nos autres sens, (tels que le goût, l'odorat, &c.) que ces qualités servent, non-seulement à nous faire sentir les objets qui en sont doués, mais encore à nous les faire distinguer les uns des autres; nous devons croire, que les rayons qui nous viennent d'une surface enduite de vermillon, par exemple, touchent le fond de l'œil d'une certaine façon qui se répéte

toujours dans les mêmes circonstances; & nous exprimons ce que cette surface nous fait sentir, en disant qu'elle est *rouge*: expression arbitraire dans son principe, mais fixée par l'usage & par convention. Il en est de même de toutes les autres couleurs simples: je dis que la teinture de saffran est *jaune*, que l'herbe est *verte*, que le ciel est *bleu*, &c. parce que la lumiére homogéne, par laquelle j'apperçois chacun de ces objets, excite toujours en moi le même sentiment, & que dès ma plus tendre enfance, j'ai appris des autres hommes à l'exprimer par un de ces termes.

Mais si chaque espéce de lumiére a la propriété de faire naître une sensation particuliére, on doit s'attendre que plusieurs agissant ensemble sur le même organe, y produiront une sensation mixte, pour laquelle il faudra une nouvelle expression, comme il arrive aux saveurs & aux odeurs, qui varient à l'infini, par la combinaison des objets qui appartiennent à chacun de ces deux sens. De-là sont venus ces noms *gris*, *brun*, *céladon*, *tanné*, &c. pour exprimer ce que l'on

ſent quand un objet ſe fait voir par un mélange de lumiéres de différentes eſpéces.

Ces idées de couleurs, qui s'excitent en nous par des lumiéres ſimples ou compoſées qui nous viennent des objets extérieurs, ſe réveillent ou ſubſiſtent également & indépendamment de ces cauſes; pourvû que l'organe reçoive ou conſerve par quelque moyen que ce puiſſe être, une impreſſion ſemblable à celle qui les fait naître ordinairement : voilà pourquoi, lorſqu'on a fixé la vûe pendant un certain tems ſur quelque couleur bien éclatante, il eſt aſſez ordinaire de continuer de la voir, quoiqu'on ferme les yeux.

Suppoſons maintenant, qu'on ait regardé un objet dont la couleur ſoit compoſée, & que les différentes eſpéces de lumiére, qui entrent dans cette compoſition, produiſent ſur le fond de l'œil des impreſſions plus durables les unes que les autres; non-ſeulement on doit continuer de voir l'objet, après qu'on a fermé les yeux, mais l'image qui en reſte, doit paroître ſucceſſivement ſous différentes cou-

XVII. LEÇON.

leurs. C'eſt à-peu-près ce qu'on éprouve, quand on ferme les yeux, ou qu'on entre dans un lieu fort obſcur, auſſi-tôt après avoir regardé en face le Soleil couchant : on voit ſucceſſivement ſur le diſque du Soleil, qui demeure empreint dans l'imagination, du blanc, du jaune, du rouge, du verd, du bleu, ou du violet, & enfin du noir ; à-peu-près dans l'ordre des couleurs priſmatiques, quelquefois auſſi ſans ordre, & à diverſes repriſes, ſelon que les ébranlemens du nerf optique s'affoibliſſent plus ou moins promptement.

Ces couleurs, & toutes celles qui naiſſent, qui ſe conſervent, ou qui varient ainſi, ſans la préſence des corps colorés, ſe nomment *accidentelles*. Parmi les Auteurs qui en ont fait mention, perſonne que je ſçache, ne les a mieux étudiées que M. de Buffon. (*a*) Il a remarqué dans ces couleurs, une certaine correſpondance ſyſtêmatique avec celles qu'on nomme *réelles*, & dont les idées ſont réveillées en nous par les objets extérieurs.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc. 1743. p. 147. & ſuiv.

Il observe, par exemple, que le rouge produit le verd, qu'au jaune succède le bleu, que les couleurs accidentelles mêlées avec les réelles, donnent les mêmes phénoménes que ces derniéres, mêlées avec d'autres de même nature : ces remarques sont fondées sur des expériences & sur des observations curieuses, dont je suis obligé de supprimer ici le détail, mais qui feront certainement plaisir au Lecteur, qui aura du goût pour ces sortes de recherches, & qui prendra la peine de lire le Mémoire que j'ai cité ci-dessus.

On y trouve, par exemple, l'exposition d'un fait qui paroît d'abord assez singulier : » C'est que les ombres » des corps, qui par leur essence doi» vent être noires, puisqu'elles ne » sont que la privation de la lumiére, » que les ombres, dis-je, sont tou» jours colorées au lever & au cou» cher du Soleil. Je ne sçache pas, » ajoute M. de Buffon, qu'aucun As» tronome, qu'aucun Physicien, que » personne, en un mot, ait parlé de » ce phénoméne : j'ai cru qu'en fa» veur de la nouveauté, on me per-

XVII. LEÇON.

» mettroit de donner le précis de » cette obſervation ».

Il y a ainſi dans les Sciences, & ſur-tout en Phyſique, certaines découvertes qui s'oublient, qui ſe perdent même, & qu'on retrouve quelquefois après pluſieurs ſiécles; en eſt-on moins redevable à ceux qui nous les rendent? Le fait dont il s'agit étoit connu il y a 250 ans : on le trouve très-bien exprimé, dans l'ouvrage d'un ſçavant & habile Peintre Italien (*a*) qui mourut à Fontainebleau, entre les bras d'un de nos Rois (*b*). On lit au titre de ſon 328e. Chapitre : *Pourquoi ſur la fin du jour les ombres des corps produites ſur un mur blanc, ſont de couleur bleue*; & il explique ce phénoméne, par des raiſons qui paroiſſent très-plauſibles. Je vais rapporter ſes propres paroles.

» Les ombres des corps, dit-il,

(*a*) Leonard de Vinci. L'Ouvrage dont il s'agit eſt intitulé : *Traité de la Peinture*. Il a été imprimé pour la premiére fois à Paris en 1651, en Italien & en François; on en a fait une édition Françoiſe, in-12. en 1716. Cet ouvrage eſt très-inſtructif, non-ſeulement pour les Peintres, mais même pour les Phyſiciens.

(*b*) François premier.

» qui viennent de la rougeur du Soleil qui se couche & qui est proche de l'horison, seront toujours azurées: cela arrive ainsi, parce que la superficie de tout corps opaque tient de la couleur du corps qui l'éclaire; donc la blancheur de la muraille étant tout-à-fait privée de couleur, elle prend la teinte de son objet, c'est-à-dire, du Soleil & du ciel; & parce que le Soleil vers le soir est d'un coloris rougeâtre, que le ciel paroît d'azur, & que les lieux où se trouve l'ombre ne sont point vus du Soleil, (puisqu'aucun corps lumineux n'a jamais vu l'ombre du corps qu'il éclaire) comme les endroits de cette muraille, où le Soleil ne donne point, sont vus du ciel, l'ombre dérivée du ciel, qui fera sa projection sur la muraille blanche, sera de couleur d'azur; & le champ de cette ombre étant éclairé du Soleil, dont la couleur est rougeâtre, participera à cette couleur rouge. »

C'est-à-dire, que la muraille blanche se teint sensiblement de la lumiére azurée du ciel, & que cette

XVII. LEÇON.

couleur ne paroît qu'à l'endroit de l'ombre; parce qu'ailleurs elle est illuminée par une lumiére plus forte, qui empêche le bleu de paroître : il suffit pour cela que l'ombre soit foible, & c'est une condition sur laquelle on peut compter, quand le Soleil n'est pas fort élevé sur l'horison.

On a dû comprendre par tout ce que j'ai dit ci-dessus, touchant la vision, comment la lumiére en général, passant par les humeurs de l'œil, se modifie d'une maniére à tracer correctement sur le fond de cet organe, les images des objets qui nous l'envoyent. J'ai fait entendre aussi, comment les images nous représentent les couleurs naturelles de ces mêmes objets, étant tracées, non par une lumiére quelconque, mais par des rayons homogénes, seuls ou combinés ensemble. N'est-on pas en droit maintenant de me demander, par quel moyen nous voyons ce qui est noir; puisque, selon ce que nous avons dit dans la 3e. Section, il ne vient aucune sorte de lumiére des corps de cette couleur?

Cette question mérite certaine-

ment une réponse; mais ce qui m'en déplaît un peu, c'est que celle que je dois produire, paroîtra peut-être un paradoxe à ceux de mes Lecteurs qui ne prendront pas la peine d'y réfléchir.

Quand nous regardons un corps noir, ce n'est pas lui que nous voyons; ce sont les surfaces éclairées ou lumineuses qui l'environnent & qui lui servent comme de champ: la lumiére qu'elles envoyent, fait impression sur tout le fond de l'œil, excepté l'endroit auquel répond l'objet que nous avons en vue. Cet endroit de l'organe qui ne reçoit point de lumiére, est circonscrit ou terminé selon la figure du corps noir qui est cause de cette privation; & c'est par-là que nous jugeons de la grandeur, de la forme, de la situation, de la nature de celui-ci. Oui quand, nous lisons un livre, ce ne sont point les lettres imprimées avec de l'encre, qui font impression sur nos yeux, c'est le blanc du papier qui est entr'elles; puisque c'est de-là seulement qu'il vient de la lumiére: nous ne les distinguons que par les défauts de sensation qu'elles occasionnent.

XVII. LEÇON.

Mais si cela étoit, me dira-t-on, tous les corps noirs nous paroîtroient comme de simples taches, comme des ombres : chacun sçait par sa propre expérience, qu'un homme vêtu de noir, un animal de cette couleur, ne se voit point ainsi ; l'on en distingue toutes les parties, avec leurs reliefs.

C'est que ces objets ne sont pas entiérement noirs, comme on le *suppose* : les parties les plus saillantes & les plus exposées au jour se détachent des autres, par des nuances plus ou moins claires & par des réflets de lumiére, qui en font sentir les contours, les arrondissemens, &c. Cela est si vrai, qu'un Peintre qui entreprend de les représenter dans un tableau, n'en peut venir à bout, qu'en employant du blanc & d'autres couleurs capables de réfléchir de la lumiére ; & si ces corps ne sont point éclairés du côté par lequel nous les regardons, nous les voyons alors comme de véritables ombres.



ARTICLE II.

De la vision aidée par les instrumens d'Optique.

La vision naturelle, lorsque l'organe est dans sa plus grande force, dans son état le plus parfait, est assujettie à des conditions & renfermée dans des limites; si l'objet n'est point découvert au point, que de lui à nous on puisse tirer une ligne droite sans aucun obstacle, nous ne l'appercevons pas: fût-il même convenablement exposé à nos regards, s'il est trop loin ou trop petit, il nous échappe: & c'est encore pis, si l'œil est affoibli ou mal conformé; la petitesse & la distance du corps visible le gênent davantage.

Ces inconvéniens ont subsisté long-tems sans reméde; mais enfin, le hazard d'un côté, l'industrie de l'autre, éclairée & soutenue par l'étude, nous en ont affranchis en quelque façon: par le secours des miroirs & des verres taillés d'une certaine maniére, nous pouvons appercevoir ce qui est caché à nos regards directs;

XVII. LEÇON. nous découvrons dans le ſein de la nature, des êtres qui ſembloient devoir être à jamais imperceptibles pour nous: les objets trop éloignés ſe rapprochent, pour ainſi dire, & ſe laiſſent voir diſtinctement: la vûe des vieillards à moitié éteinte, ſe ranime: celle qui eſt trop courte devient plus étendue: enfin, quand nos beſoins ſont ſatisfaits, les mêmes moyens fourniſſent encore des amuſemens très-dignes de notre curioſité.

C'eſt le détail de ces avantages, qui va faire la matiére de cet Article: mais je ne veux y entrer, que comme je l'ai fait pour toutes les préparations qui ont ſervi à nos expériences; c'eſt-à-dire, que je me bornerai à faire connoître en gros, comment tel ou tel effet ſe produit, renvoyant la deſcription plus exacte & plus circonſtanciée des moyens, à l'ouvrage dont j'ai fait mention pluſieurs fois, & dans lequel je me propoſe de traiter *ex professo* de la conſtruction & de l'uſage de tous les inſtrumens de Phyſique; comme je ne parle ici de ceux qui concernent l'Optique, que parce

qu'ils aident ou qu'ils perfectionnent la vision, je ne les distribuerai point par classes, je les appellerai plutôt suivant l'ordre de leur invention, & par conséquent, je ferai connoître d'abord les plus simples.

Lunettes dont on se sert pour lire.

Le défaut de la vûe le plus ordinaire, & qui est presqu'inévitable à un certain âge, c'est de ne pouvoir plus distinguer nettement les petits objets à la distance de 8 ou 10 pouces, comme on le fait ordinairement dans la jeunesse; on est obligé de regarder de plus loin, & quand cet éloignement devenu indispensable, s'accroit à un certain point, non-seulement il est incommode, mais il ne remédie presque plus à rien, parce que les petits objets, à une grande distance de l'œil, soutendent des angles trop petits, ou ce qui est la même chose, leur image occupe trop peu de place au fond de l'organe, pour y faire une impression suffisante.

Les hommes qui nous ont précédés de quatre à cinq siécles ou davantage, perdoient ainsi l'usage de

XVII. LEÇON.

la vûe, long-tems avant que de mourir; pendant nombre d'années, ils étoient réduits à ne plus voir que les grands objets, & à ne les voir qu'imparfaitement; mais enfin vers l'an 1300, on fit une heureuse application de la propriété qu'ont les verres convexes, d'amplifier l'image des objets; propriété connue 200 ans auparavant (*a*), dont on n'avoit tiré jusqu'alors aucune utilité. On croit avec beaucoup de vraisemblance, que Bacon, Cordelier d'Oxford, eut plus de part que personne à cette importante invention (*b*): Quoi qu'il en soit, on a des preuves certaines, qu'on se servoit communément de lunettes au commencement du 14e. siécle, & que

(*a*) Alhazen qui vivoit vers l'an 1100, dit très-expressément dans son Opt. Liv. 7. Chap. 48. que si un objet est appliqué à la base d'un grand segment d'une sphére de verre, il paroîtra plus grand.

(*b*) *Voici les paroles de cet Auteur :* Si homo aspiciat litteras & alias res minutas, per medium crystalli vel vitri vel alterius perspicui suppositi litteris, & sit portio minor spheræ, cujus convexitas sit versus oculum, & oculus sit in aëre, longe meliùs videbit litteras, & apparebunt ei majores . . . . & ideò hoc instrumentum est utile senibus & habentibus oculos debiles. *Or le*

c'étoit

c'étoit une invention nouvelle (c).

XVII. LEÇON.

Je crois avoir suffisamment fait connoître dans l'article précédent, ce qui manque à la vûe des presbytes ou des vieillards, pour la vision distincte, & de quelle maniére ils y suppléent, quand ce défaut n'est pas trop grand; il me reste à expliquer ici, comment l'usage des lunettes vient au secours de la nature, lorsque ses ressources sont épuisées: c'est ce que je vais faire en deux mots.

Ces sortes de vûes sont défectueu-

Frere Bacon mourut en 1292. Cependant M. Smith prouve assez bien, par la suite même du passage dont je viens de rapporter des fragmens, que cet Auteur n'a pas inventé lui-même les lunettes; mais on ne peut pas nier, qu'il n'ait bien mis sur la voie, ceux qui avoient lu son Ouvrage.

(c) On cite un manuscrit de 1299, qui est de la Bibliothéque de M. Redi, dans lequel on lit ce qui suit: *Mi trovo cosi gravoso di anni, che nod arei volenza di legere e scrivere senza vetri appellati okiali, trovati novellamente, per commodita delli poveri veki, quando affiebolano del vedere.*

Bernard Gordon, Médecin de Montpellier, qui écrivoit vers l'an 1305 son *Lilium Medicinæ*, dit, en recommandant un certain collyre qu'il croyoit très-bon: *Et est tantæ virtutis, quòd decrepitum faceret legere litteras minutas, absque ocularibus.*

XVII. LEÇON.

ses, parce que les humeurs de l'œil ont trop peu de convexité, ou qu'en changeant de nature par succession de tems, elles ont perdu une partie de leur pouvoir réfractif: les rayons qui viennent d'un objet placé à 8 ou 10 pouces de distance, sont trop divergens, pour s'y plier autant qu'il le faudroit; ils touchent le fond de l'organe avant que d'être rassemblés; de-là naît une vision confuse, selon ce que nous avons enseigné précédemment. On remédie à ce mauvais effet, en mettant entre l'œil & l'objet, un verre d'une certaine convexité, dont la propriété est comme l'on sçait * de rendre tels rayons, ou moins divergens, ou paralleles, ou même convergens. Ainsi, en proportionnant la convexité du verre au défaut de l'œil, on dispose de telle maniére les rayons incidens, que l'organe, tout foible qu'il est, se trouve en état de les réunir justement sur la rétine, & l'image devient nette.

* Page 302. IV. Résultat.

Les lunettes que les vieillards mettent sur le nez, sont donc composées de deux verres un peu convexes des deux côtés ou d'un seul: el-

lés font voir plus distinctement, par les raisons que je viens de déduire, & plus clairement, parce qu'en diminuant la divergence des rayons incidens, elles en font entrer une plus grande quantité dans la prunelle: on les nomme *binocles*, parce qu'elles servent en même-tems aux deux yeux, en quoi elles sont plus avantageuses que celles qui n'ont qu'un seul verre, & qu'on appelle *lorgnettes* ou *monocles*: car l'action simultanée des deux yeux rend la vision plus forte & plus commode.

Comme le bon effet des lunettes, pour ceux qui en ont besoin, vient de ce qu'elles changent à leur avantage la disposition des rayons incidens, elles ne peuvent que nuire aux vûes à qui la divergence naturelle de ces rayons est convenable; voilà pourquoi les jeunes gens, qui voyent bien sans lunettes, ne distinguent plus rien, quand ils essayent de s'en servir. Les personnes mêmes à qui elles sont utiles, pour les objets qu'elles regardent de près, les trouvent d'un mauvais usage pour voir au loin; parce que les rayons incidens étant alors

XVII. LEÇON.

comme paralleles, à cause du grand éloignement de l'objet, deviennent convergens, en passant par les lunettes, ce qui donne lieu à l'oeil de les réunir trop tôt, & avant qu'ils soient arrivés à la rétine.

L'usage des lunettes annonce ordinairement que nous commençons à vieillir : l'amour-propre nous dissimule, autant qu'il peut, le besóin que nous avons de ces instrumens ; c'est pourquoi l'on ménage notre délicatesse, en nous les donnant d'abord sous le nom de *conserves* : tranchons le mot, ces conserves sont des lunettes, comme celles des vieillards, à cela près qu'elles sont moins convexes : si elles ne le sont pas du tout, comme on s'efforce de vous le faire croire, il est inutile de vous en masquer le visage ; elles ne sont bonnes à rien, si ce n'est dans le cas où l'on auroit le fond de l'oeil si sensible, qu'on fût obligé de modérer la lumiére qui vient des objets qu'on regarde, alors on pourroit se servir de lunettes composées de verres plans & d'une couleur un peu verte.

Etant donnée la distance à laquelle

on est obligé de reculer les objets pour les voir distinctement, on peut déterminer le dégré de convexité que doivent avoir les verres de lunettes, pour rendre la vision distincte à 8 ou 10 pouces, comme elle l'est pour les vûes ordinaires; il ne faut pour cela, qu'assujettir les rayons incidens aux loix de la réfraction, que nous avons établies dans la Dioptrique, ayant égard aux différens dégrés de réfringence des humeurs de l'œil humain, & à leurs figures; mais il est encore plus simple & plus commode, quand on le peut, d'entrer dans les boutiques des marchands qui ont de ces instrumens à choisir, & de s'accommoder de celui avec lequel on voit le mieux.

Un autre défaut de la vûe tout-à-fait opposé à celui dont je viens de parler, c'est de ne pouvoir distinguer les objets que de fort près: j'en ai dit la cause en parlant des myopes dans l'article précédent; je prie le lecteur de vouloir bien se la rappeller. Quand ces sortes de vûes sont si courtes, qu'il ne suffit pas d'approcher les petits objets à 5 ou 6 pouces des yeux,

XVII. LEÇON.

c'eſt une incommodité des plus grandes; on eſt à demi-aveugle, parce qu'on ne diſtingue preſque plus rien de ce qui ſe paſſe à 5 ou 6 pas; & pour examiner ce qu'on tient à la main, on ne peut employer qu'un œil à la fois, parce que les axes optiques ne peuvent plus ſe réunir ſur un même point, quand l'angle qu'ils forment entr'eux, doit être plus grand que de ſoixante dégrés : ajoutez à cela, que quand on regarde de ſi près, il eſt très-difficile que l'objet ſoit éclairé ſuffiſamment.

C'eſt donc rendre un très-grand ſervice à ceux qui ont la vûe trop courte, que de leur procurer le moyen de bien voir de plus loin; & c'eſt ce que l'on fait, en mettant devant leurs yeux un verre concave, dont la propriété eſt de rendre divergens les rayons qui ne le ſont pas, & d'augmenter la divergence de ceux qui n'en ont point aſſez *. Car le défaut de cette ſorte de vûe, venant, comme je l'ai dit, de ce que les rayons trop fortement réfractés dans les humeurs de l'œil, ſe raſſemblent avant que d'arriver à la rétine, on porte infailliblement cette réunion plus loin,

*Pag. 326. III. Réſultat.

en augmentant la divergence des rayons incidens, il ne s'agit que de proportionner la concavité du verre, à l'excès de convexité qui fait le vice de l'organe. C'eſt ce que l'on peut déterminer encore par les régles de la Dioptrique; mais dans la pratique, il eſt plus court de choiſir dans pluſieurs verres de cette eſpéce, celui qui fait le mieux voir.

Les perſonnes qui ſe ſervent de verres concaves, voyent les objets plus petit qu'à la vûe ſimple; mais ils les voyent nettement, & à des diſtances plus grandes: on dit communément, que les vûes courtes durent plus long-tems que les autres, ſi cela eſt auſſi vrai que conſolant, on en peut rendre raiſon en diſant, que comme les yeux des myopes pechent par trop de convexité, s'ils s'applatiſſent en vieilliſſant, ils ne doivent point arriver auſſi-tôt que d'autres, à l'excès oppoſé. Ce qu'il y a de certain, c'eſt que les perſonnes qui ont la vûe courte, écrivent, & aiment à lire les petits caractéres: mais je ne regarde pas ce penchant comme le ſigne d'une meilleure vûe; je crois

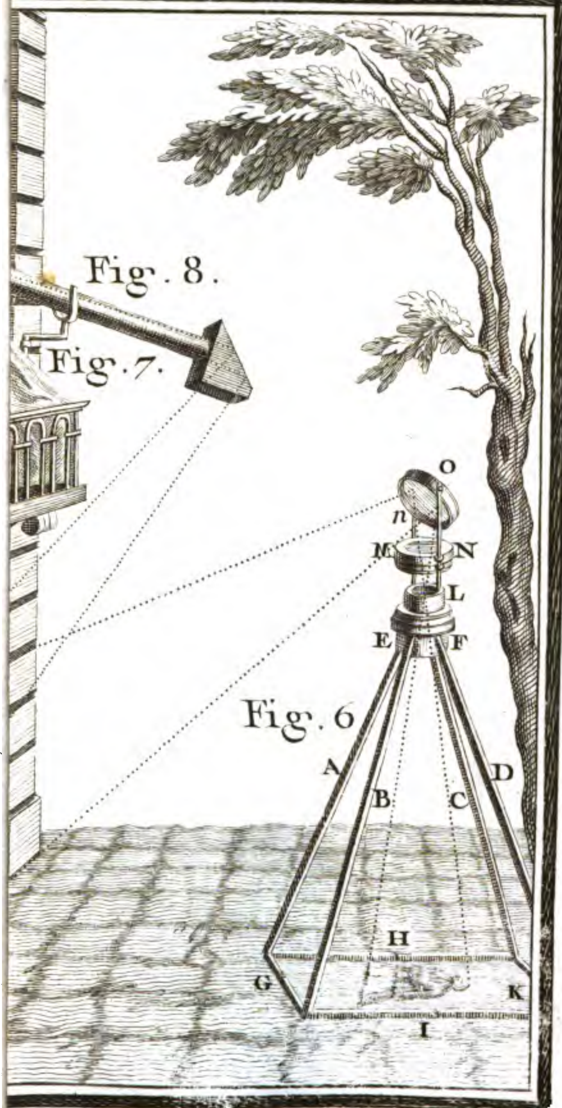
XVII. LEÇON.

que cela vient plutôt, de ce qu'ils en découvrent plus d'un seul coup d'oeil.

On peut faire voir très-sensiblement les effets des lunettes, tant convexes que concaves, par une expérience très-curieuse. Prenez cet oeil artificiel que j'ai employé dans l'expérience de l'article précédent, & qui est représenté par la *Fig*. 3. tirez un peu en avant le petit tuyau qui porte la lentille de verre, & alors vous verrez que les images des objets seront très-confuses, sur le papier huilé ; c'est le cas d'une vûe courte, ou d'un oeil trop convexe, qui rassemble les rayons avant qu'ils soient parvenus à la rétine : présentez devant le tuyau un verre un peu concave ; vous verrez aussi-tôt, que l'image qui étoit confuse, deviendra très-distincte.

Faites ensuite tout le contraire : enfoncez le tuyau plus qu'il ne faut, pour représenter la vision naturelle ; c'est le cas de l'oeil presbyte, qui ne peut pas réfracter les rayons assez pour les réunir sur la rétine ; aussi l'image sera-t-elle encore très-confuse sur le papier huilé ; mais elle deviendra

nette


Fig. 8.
Fig. 7.
O
n
M
N
L
E
F
Fig. 6
A
D
B
C
H
G
K
I

nette & distincte; dès que vous mettrez devant le tuyau, la lunette d'un vieillard, c'est-à-dire, un verre un peu convexe (*a*).

XVII. LEÇON.

Chambre obscure.

Après l'œil artificiel dont je viens de parler pour la seconde fois, rien ne représente mieux les effets de la vision, que ce qui se passe dans une chambre bien obscure, dans laquelle il n'entre du jour, que par un trou d'un pouce de diamétre ou environ, pratiqué à la fenêtre. Un Physicien du 16e siecle (*b*) remarqua le premier que les objets du dehors se dessinoient comme des ombres, sur la muraille & au plancher de sa chambre: cet effet le surprit agréablement; il l'étudia avec attention, il le perfectionna, & enseigna dès lors les moyens de rendre cette représentation plus distincte, en mettant au trou de la

(*a*) Pour faire cette expérience à coup sûr, il faut avoir marqué auparavant sur le tuyau, les dégrés d'enfoncement qu'il doit avoir, selon le plus ou le moins de convexité & de concavité des verres qu'on doit placer devant.

(*b*) Jean-Baptiste Porta, dans sa Magie naturelle qui fut imprimée en 1560.

XVII. LEÇON.

fenêtre un verre lenticulaire, dont le foyer soit à la distance de la muraille qui est au fond de la chambre, ou d'un carton blanc qu'on approche davantage.

Depuis ce tems-là on a rendu cette expérience portative, en employant au lieu de chambre, une boîte dont on a varié d'une infinité de maniéres, la grandeur, la forme, la disposition, en gardant toujours ce qu'il y a d'essentiel, c'est-à-dire, un verre lenticulaire qui a son foyer sur un fond blanc, placé dans un lieu obscur. Supposez, par exemple, une boîte un peu plus longue que large, comme *ABCD*, *Fig.* 5. (*a*), garnie d'un tuyau *E*, fixé à l'un de ses petits côtés, pour recevoir un autre tuyau mobile *F*, qui porte un verre lenticulaire, dont le foyer est à la distance du fond *AC*. On voit que par les rayons qui se croisent en passant dans le verre *F*, l'objet se peint renversé au fond de la boîte, comme sur le mur de la chambre dont j'ai

(*a*) Dans la figure, on a laissé la moitié d'un des grands côtés ouverte, pour faire mieux entendre les effets qui se passent au-dedans.

parlé d'abord ; & l'on en jugera encore mieux, si ce fond *A C*, au lieu d'être de bois, est un morceau de glace dépolie, ou un chassis garni d'un papier huilé.

Si l'on veut que l'objet paroisse droit à quelqu'un qui aura l'œil placé en *A*, il faut placer dans la boîte un miroir qui ait une inclinaison de 45 dégrés, comme *A G*, & que la moitié du couvercle puisse s'ouvrir comme *H I K L* : alors, si l'on met la glace dépolie, ou le chassis dont je viens de parler, sur la partie découverte *A K L*, les rayons réfléchis par le miroir y porteront l'image de l'objet, dans une situation droite, pour le spectateur qui aura l'œil en *A*.

Il est à propos que la partie du couvercle qui se leve, porte avec elle deux joues *H m*, & sa pareille attachée au côté *I L*, pour faire de l'obscurité sur le plan qui reçoit l'image. Et comme les rayons de lumiére qui viennent d'un objet éloigné, sont moins divergens que ceux qui viennent de plus près, il faut avancer ou reculer le tuyau mobile *F*, suivant la distance des objets qu'on veut

XVII. LEÇON.

voir, pour avoir leurs images bien distinctes.

Les chambres noires ou obscures qu'on fait ainsi avec des boîtes, soit qu'elles se démontent ou non, ne sont pas aussi portatives qu'on le voudroit, ou bien on est réduit à n'avoir que des images fort petites : car si le foyer du verre est long, la boîte doit être grande à proportion. Il y a environ 25 ans que j'en ai imaginé une qui est très-légere, qui tient peu de place, & dont le verre peut avoir 30 pouces de foyer & même davantage. C'est une pyramide quarrée, formée par quatre tringles de bois *A*, *B*, *C*, *D*, *Fig.* 6. assemblées par en haut dans un collet de même matiére *E F*, & par en bas aux quatre coins d'un chassis *G H I K*; tous ces assemblages sont à charniéres, & chaque côté du chassis se brise de même dans son milieu, de sorte qu'en ouvrant quatre crochets pour laisser le jeu libre aux charniéres *G*, *H*, *I*, *K*, les montans se plient & se rassemblent comme les baleines d'un parapluie, & à côté d'eux les traverses qui forment le chassis.

Le collet *E F* eſt percé à jour, pour recevoir un tuyau de carton *L*, garni d'un verre objectif, qui a ſon foyer à la baſe de la pyramide. La partie *L* plus menue que le reſte, reçoit un autre collet *MN*, qui tourne deſſus avec liberté, & qui porte à ſa circonférence deux petits tuyaux de cuivre *N*, *n*, fendus ſuivant leur longueur, pour faire reſſort.

Dans ces tuyaux gliſſent de haut en bas deux petits montans de métal, qui portent une eſpece de couvercle *O*, au fond duquel eſt ajuſté un miroir plan. On a fixé au bord de cette piéce deux tenons ou pivots diamétralement oppoſés, qui tournent avec un peu de frottement, dans des trous pratiqués au bout des montans, leſquels pour cet effet, ſont applatis comme la tête d'un compas. Lorſqu'on a joint le ſecond collet *MN* au premier *EF*, on peut donc, ſans remuer la pyramide, tourner le miroir vers différens points de l'horiſon, & l'incliner, autant qu'on le veut, pour chercher les objets qu'on a deſſein de voir. Et quand le couvercle eſt entiérement baiſſé, il forme, avec les

XVII. LEÇON.

deux collets, une espéce de boîte qui termine la pyramide, & qui renferme le verre & le miroir, qui sont les piéces les plus casuelles de l'instrument. On couvre d'un gros drap verd doublé en dedans de taffetas noir, trois côtés entiers de la machine & une partie *AEB* du quatriéme ; en *AB* & aux parties inférieures des deux montans, on attache un rideau de quelque étoffe noire un peu épaisse, dont on puisse se couvrir la tête & les épaules. Il faut aussi que le drap des trois autres côtés déborde de 2 ou 3 doigts par en bas.

Pour faire usage de cette machine, on la pose sur une table bien droite, & couverte d'une grande feuille de papier blanc, dans un lieu sombre & qui soit un peu élevé ; on prend le tems où les objets sont bien éclairés, on s'assit ayant le dos tourné vers eux, & l'on avance un peu sa tête sous le rideau, ayant soin qu'il n'entre pas d'autre jour que celui qui vient par l'objectif : voyez la *Fig.* 7. La machine étant pliée, le drap & le rideau se tournent autour des montans, & le tout se met dans un sac

de toile long & étroit; ce qui la met en état d'être transportée fort aisément. XVII. LEÇON.

On voit par la seule inspection de la *Fig.* 6. que les rayons de lumiére partant des différens points de l'objet, vont frapper le miroir; & qu'après s'être croisés dans l'objectif, ils vont dessiner l'image sur la table, dans une situation droite, pour la personne qui regarde par le côté *A B* de la pyramide. Cette espéce de chambre noire pourroit servir pour voir ce qui se passe au dehors d'une place assiégée, sans exposer sa tête; car rien n'empêche que la table sur laquelle on la pose, ne soit derriére un rempart, & que la piéce qui porte le miroir, ne s'éleve au-dessus.

Polémoscopes.

On appelle ainsi les instrumens, soit de Dioptrique, soit de Catoptrique, par le moyen desquels on peut voir sans être vu. Ordinairement la partie principale est un miroir incliné, qui renvoye l'image de l'objet au spectateur, qui ne peut pas les voir en droite ligne. Un homme sédentaire

XVII. LEÇON.

& curieux, du milieu de sa chambre & sans quitter son bureau, un malade assis sur son lit, se procure la vûe de ce qui se passe dans une longue rue ou dans une place publique, par le moyen d'une glace placée au côté d'une fenêtre, avec une inclinaison convenable; un pareil miroir incliné à l'horison, & qui s'avance un peu hors de la fenêtre, met un homme d'étude en état de se soustraire aux visites importunes, en lui faisant connoître ceux qui heurtent à la porte de sa maison.

Quand on veut un polémoscope portatif, on incline la glace de 45 dégrés au fond d'une boîte, dont le devant reste tout-à-fait ouvert. Et l'on fait au côté de cette boîte sur lequel la glace est inclinée, un trou de 2 pouces de diamétre ou environ, pour recevoir un tuyau de la longueur qu'on le veut avoir. Voyez dans la *Fig*. 8. comment les rayons réfléchis par le miroir, vont porter l'image de l'objet à l'œil, qu'on suppose au bout du tuyau.

Avec cet instrument, l'on peut voir par-dessus la muraille d'une ville, d'un

jardin, même dans une chambre voisine & placée sur la même ligne de celle où l'on est, pourvu que la fenêtre en soit ouverte, & qu'il y ait assez de lumiére. Il y a des gens qui portent de ces instrumens dans leur poche, en forme de lorgnette d'Opera, & qui regardent tout à leur aise les personnes qui sont à côté d'eux, dans le tems qu'on les croit occupés de ce qui se passe au loin & devant eux : ils cachent par ce petit stratagême, une curiosité qui passeroit souvent pour une indiscrétion & une impolitesse.

Curiosités, Perspectives, ou Optiques.

On donne communément tous ces noms à certaines boîtes dans lesquelles des objets convenablement éclairés, se font voir sous des images amplifiées & dans l'éloignement, par le moyen des miroirs & de quelques verres convexes : la construction de ces machines se varie de tant de maniéres, que je ne puis ni ne dois parler ici de toutes celles qui sont connues ; je ferai mention de deux ou trois, & je supposerai des objets fort

simples, afin que l'on comprenne mieux les effets.

XVII. LEÇON.

On se souviendra, qu'en expliquant les propriétés du miroir sphérique concave, j'ai fait remarquer, que quand l'objet est placé plus loin de la surface réfléchissante, que le foyer des rayons paralleles, son image se trouve renversée & devant le miroir. En conséquence de celà, on se procure un joli spectacle, si l'on met un tableau qui représente un paysage, devant un de ces miroirs, & qu'en s'éloignant un peu, on regarde par-dessus dans le miroir : il faut, pour bien faire, que le tableau soit fort éclairé, & que le miroir soit dans l'obscurité : ceux qu'on fait en Angleterre avec des glaces courbées & mises au teint, rendent ces représentations plus vives & plus nettes que ceux de métal, parce qu'ils réfléchissent mieux la lumiére, & qu'ils sont moins sujets à se ternir.

Ces illusions se multiplient agréablement, quand on se sert d'une boîte longue représentée par la *Fig.* 9. dont le dessus n'est qu'une gaze ou un taffetas blanc & très-mince, pour

laiſſer paſſer beaucoup de lumiére ; l'un des petits côtés *A B*, porte un miroir concave, dont le foyer eſt à la diſtance *F* ; & ſur l'autre en dedans, on gliſſe ſucceſſivement des cartons peints qui repréſentent des édifices, des jardins, & d'autres objets ſemblables : on place l'œil vis-à-vis d'un trou, qui eſt percé à jour dans le même côté de la boîte, un peu au-deſſus des cartons.

Si les deux grands côtés d'une pareille boîte ſont ornés de peintures, telles que celles dont je viens de parler ; que ſur le fond, il y ait des petites figures iſolées de bois, d'émail, ou de carton, en repos ou en mouvement, & que les deux petits côtés ſoient couverts de deux miroirs plans ; en regardant ſimplement par le trou *D*, on verra tous ces objets multipliés preſque à l'infini & dans un grand éloignement, pour les raiſons que j'ai déduites, en expliquant les effets des miroirs plans : & ce petit ſpectacle deviendra encore plus divertiſſant, ſi l'on met au trou un verre lenticulaire, dont le foyer ſoit à-peu-près au milieu de la longueur de la

XVII. LEÇON.

boîte ; car ce verre ne manquera pas d'amplifier les images & les distances.

On donne encore à ces sortes de boîtes la forme d'une tour quarrée, *Fig.* 10. au haut de laquelle il y a un miroir incliné comme *CE* : les images de tous les objets rangés dans la longueur de la boîte, sont renvoyées par le miroir à l'œil, qui les apperçoit dans la direction horisontale *FG*. Le côté opposé à *FH*, est celui qui est couvert de gaze ou de taffetas, & que l'on tourne du côté du jour. Le petit tuyau *F* porte aussi un verre lenticulaire, pour faire paroître le lieu & les objets plus grands.

Télescopes & Lunettes d'approche.

Ce sont des tuyaux dans lesquels des verres ou des miroirs (quelquefois les uns & les autres) combinés d'une certaine maniére, nous font appercevoir distinctement des objets trop éloignés pour la vûe simple. On les nomme *télescopes*, parce que le premier & le plus important usage qu'on en ait fait, a été d'examiner les astres connus, & d'en découvrir

d'autres qui ne l'étoient pas. Quand on s'en sert pour les objets terrestres, le vulgaire les appelle lunettes *d'approche*, parce que ces instrumens semblent diminuer la distance qui est entre l'objet & le spectateur.

L'invention des télescopes a été d'un grand secours pour les progrès de l'Astronomie ; c'est de cette époque qu'il faut dater les plus belles découvertes qui ont été faites dans cette science, par Képler, Galilée, Hughens, Dominique Cassini, Halley, Roëmer, Bradley, &c. Avant ce temslà on ne connoissoit ni ce qu'on appelle montagnes, vallées & mers dans la Lune, ni les taches du Soleil, ni les satellites de Jupiter : on ignoroit pareillement ceux de Saturne & son anneau, les phases de Vénus, le diamétre des autres planettes, leurs rotations sur leur axe, la durée de ces révolutions, & toutes les conséquences qu'on est en droit de tirer de tous ces faits bien constatés.

Aussi plusieurs Nations se disputent-elles l'honneur d'avoir inventé les télescopes. Guillaume Molineux & Samuël son fils le revendiquent

XVII. LEÇON.

pour l'Angleterre, en attribuant cette invention à Roger Bacon, que j'ai déja cité ci-dessus : mais M. Smith prouve assez bien, par la maniére même dont ce Religieux s'est énoncé, qu'il n'a fait que prévoir tout au plus, ce qu'on pourroit faire par le moyen des verres lenticulaires, & qu'il n'a jamais fait sur cela aucune épreuve, à laquelle on puisse rapporter la découverte dont il s'agit.

M. Hughens croit que c'est un effet du hazard ; mais il le fait naître dans sa patrie : « Quelques-uns, dit-il, » * attribuent la premiére invention » du télescope à Jacques Métius habitant d'Alcmaër ; mais je suis certain qu'un ouvrier en avoit fait avant » lui à Middelbourg en Zélande vers » l'an 1609. il se nommoit Jean Lippersheim selon Sirturus, & Zacharie selon Borelli (*a*), &c. ». Ce qu'il y a de certain, c'est que les premiers télescopes ont été composés de deux verres, dont l'un étoit convexe &

* *Dans sa Dioptrique p.* 163.

(*a*) M. Muschenbroek rapporte cette découverte à l'année 1590, & l'attribue à Zacharie Jansze & Jean Lippersheim, habitans de Middelbourg en Zélande. *Essai de Physiq. p.* 598.

l'autre concave, & que ceux de cette espéce se nomment encore aujourd'hui, *téleſcopes Hollandois.*

Ces premiers inſtrumens, production du hazard & d'une induſtrie peu éclairée, n'euſſent jamais été d'une grande utilité, ſi l'on eût abandonné le ſoin de les perfectionner, aux Artiſtes qui en avoient fait la découverte : mais dès qu'ils furent connus, les Sçavans s'en emparerent ; entre les mains de Galilée, de Képler, & de M. Hughens, leur conſtruction fut réglée, ſuivant les principes bien entendus & bien médités de la Dioptrique ; & le célébre Campani (*a*) y ajouta l'exécution la plus heureuſe & la plus réguliére.

Le téleſcope de Galilée, le même que celui des Hollandois, à cela près qu'il eſt conſtruit dans de meilleures proportions, eſt compoſé de deux verres, dont l'un qui eſt convexe, ſe nomme *objectif*, parce qu'il eſt placé au bout du tuyau qu'on tourne vers l'objet ; l'autre qui eſt concave, s'appelle *oculaire*, parce qu'il eſt à l'autre bout

(*a*) Artiſte de Rome très-habile & très-inſtruit.

XVII. LEÇON.

où se présente l'oeil de l'observateur: voici, autant qu'on le peut représenter dans une petite figure, quelle est la marche des rayons dans cet instrument, & comment il amplifie l'image de l'objet.

Il faut supposer que l'objet *AB*, *Fig.* 11. est tellement éloigné, que les jets de lumiére qui viennent de chaque point de sa surface tomber sur l'objectif, comme *AC*, *BC*, sont composés de rayons, non sensiblement divergens comme dans la figure, mais presque paralleles entr'eux. Ces jets cylindriques ou à peu près, en traversant le verre convexe, se convertissent en autant de pyramides, qui formeroient par leurs pointes l'image renversée *ab* de l'objet, sans l'interposition de l'oculaire *D*, lequel étant concave, rend paralleles entr'eux les rayons de chaque pyramide. Ainsi chacun de ces jets ou pinceaux entrant dans le crystallin de l'oeil *E*, comme s'il venoit d'un lieu fort éloigné, ne s'y rompt qu'autant qu'il le faut, pour former une pointe au fond de l'organe *FG*; & par ce moyen, il s'y dessine une image distincte & ren-

versée,

verſée, comme elle le ſeroit à la vûe ſimple : c'eſt pourquoi cette eſpéce de téleſcope fait voir les objets dans leur ſituation naturelle & ſous un plus grand angle, ce qui augmente leur grandeur apparente.

Ce téleſcope ne pouvant avoir qu'une longueur très-limitée (*a*), ne peut pas groſſir beaucoup ; d'ailleurs, il a peu de champ, c'eſt-à-dire, que l'œil qui s'en ſert, ne peut embraſſer que très-peu d'objets d'un ſeul aſpect, parce que les faiſceaux de lumiére qui ſortent de l'oculaire étant divergens entr'eux, la prunelle ne peut pas comprendre en même-tems ceux qui viennent des extrêmités d'un grand objet.

On trouve dans la Dioptrique de Képler, qui fut imprimée en 1611, la deſcription d'un téleſcope, qui fut dès-lors qualifié d'*Aſtronomique*, parce qu'il eſt bien meilleur que le précédent, pour obſerver le ciel ; il eſt compoſé de deux verres convexes placés aux deux extrêmités d'un tuyau, de maniére que leurs foyers coinci-

(*a*) Les plus grandes lunettes de cette eſpéce n'ont que 15 ou 18 pouces.

XVII. LEÇON.

dent au même endroit ; ainsi la longueur totale de l'instrument résulte de celles des deux foyers *CF*, *DF*, prises en somme, *Fig.* 12.

Les jets de lumiére *AC*, *BC*, qu'on suppose venir de fort loin, & qui par conséquent sont composés de rayons presque paralleles, en passant par le verre objectif *C*, se convertissent en autant de pyramides, dont toutes les pointes dessinent l'image de l'objet à la distance *F*, où est le foyer du verre. Mais ces rayons se croisant, deviennent divergens ; s'ils tombent sur un verre lenticulaire *D*, dont le foyer soit à la distance de *F*, où commence leur divergence, ils deviennent paralleles entr'eux, en même-tems que les jets qu'ils composent, tendent à se réunir dans l'oeil qui est placé en *E*.

L'objet paroît donc sous l'angle *GEH*, beaucoup plus grand que ne seroit *AEB*, par la vûe simple ; & l'image est droite au fond de l'oeil, puisque c'est celle qui est renversée en *F*, qui devient l'objet immédiat de la vision ; par conséquent le véritable objet *AB*, doit paroître le haut en bas.

Ce dernier effet est un inconvénient par-dessus lequel on passe, quand on n'a, comme les Astronomes, que des corps ronds à observer, & que l'on cherche comme eux, à conserver à l'instrument toute la clarté dont il est susceptible; mais pour voir sur la terre cela est incommode, on aime à voir les objets dans leurs situations naturelles. On se procure cet avantage en ajoutant deux oculaires convexes au premier: car par la seule inspection de la *Fig.* 13. on voit que, si au lieu de placer l'œil en *E*, pour recevoir les faisceaux de rayons paralleles qui viennent s'y rendre, on les laisse se croiser, & qu'on les reçoive ensuite sur un second oculaire *K*, de paralleles qu'ils sont, ils deviennent convergens, & forment une seconde image, mais en sens contraire de la premiére qui est en *F*. Après quoi, s'ils passent à un autre oculaire *L*, ce verre qui les reçoit divergens de la distance *f* où est son foyer, leur rend le parallélisme qu'ils avoient avant que d'entrer dans le verre *K*, & les jets qui en résultent, vont de part & d'autre à l'œil placé en *M*, dans le

XVII. LEÇON.

même ordre qu'ils ont en *E*, en sortant du télescope Astronomique. Mais comme c'est la seconde image *afb* qui est ici l'objet immédiat de la vision, & que cette image est en sens contraire de la premiére *bFa*, ou plutôt dans le même sens que l'objet réel, elle doit être apperçue, comme on le voit lui-même à la vûe simple.

Dans ces télescopes, tant à deux qu'à quatre verres convexes, la grandeur du champ dépend de la largeur de l'oculaire; car comme les rayons de lumiére qui viennent des extrêmités opposées de l'objet, se croisent dans l'objectif, il est aisé de concevoir, que plus l'oculaire est large, plus il embrasse de ces rayons, qui s'écartent les uns des autres après leurs croisemens. Cependant on ne laisse pas aux oculaires toute la largeur qu'ils pourroient avoir, parce que la lumiére qui passe trop près des bords, ne s'y réfracte pas aussi réguliérement, que vers le milieu. Quant à la quantité dont ces instrumens grossissent les objets, on peut prendre ceci pour regle: la grandeur apparente par le télescope est à la grandeur apparen-

te à la vûe ſimple, comme la diſtance *FC*, eſt à la diſtance *DF*, c'eſt-à-dire, que ſi le foyer de l'objectif eſt 30 fois plus long que celui de l'oculaire, le diamétre de l'objet vu par la lunette, paroîtra 30 fois plus grand qu'à la vûe ſimple.

Les téleſcopes de réfraction, pour groſſir beaucoup, doivent être fort longs, ce qui les rend embarraſſans & difficiles à manier ; ils ont encore un autre défaut, c'eſt que les images qu'ils amplifient à un certain point, manquent de clarté & de netteté : on attribua d'abord cette derniére imperfection, à des cauſes qui n'y avoient pas grande part (*a*), & les moyens dont on convint pour y remédier, n'auroient pas réuſſi quand ils euſſent été pratiquables (*b*).

Ces conſidérations firent naître l'i-

(*a*) Voyez ce que j'ai rapporté à ce ſujet, au commencement du 1 Article de la 3 Section. Conſultez de plus, l'Optique de Newton, Liv. 1. Part. 1. prop. 7. où il démontre, que l'erreur qui vient de la ſeule ſphéricité des verres d'un téleſcope eſt pluſieurs centaines de fois moindre, que celle qui vient d'une autre ſource qu'il déſigne, & à laquelle on ne peut pas remédier.

(*b*) Si l'objectif d'un téleſcope, au lieu d'être

XVII. LEÇON.

dée d'employer des miroirs au lieu des verres, pour former les images des objets ; ce moyen paroissoit plus sûr, en ce que les rayons de lumiére, de quelque espéce qu'ils soient, font toujours leur angle de réflection égal à celui de leur incidence ; un autre avantage qui ne paroissoit pas moins réel, & qui étoit très-important, c'est qu'il étoit évident que ces nouveaux instrumens, pour grossir autant que les télescopes de Dioptrique, n'auroient pas besoin d'être aussi longs. Jacques Grégory d'Aberdéen produisit le premier télescope de réflection en 1663 : peu d'années après, Newton en fit un d'une construction différente, dont on trouve la Description dans les Transact. Philos. n°. 80. & dans son Optique vers la fin de la 1 partie du 1 Livre.

une portion de sphere, étoit d'une figure hyperbolique ou elliptique, comme on avoit trouvé qu'il falloit le faire, il feroit nécessairement fort épais, & par conséquent il intercepteroit trop de lumiére : de plus, il ne réuniroit bien que les rayons paralleles à son axe ; ceux qui viendroient des côtés de l'objet, se rassembleroient moins bien que par une lentille d'une courbure sphérique.

Quoique le télescope de Newton n'ait été publié qu'après celui de Grégory, il paroît cependant que ce dernier n'a pas été aussi-tôt en usage, soit par des retardemens d'exécution, soit qu'on le trouvât moins parfait ; ce ne fut guére que vers l'année 1726, que les ouvriers commencerent à en débiter à Londres, après qu'il eut été perfectionné par M. Hadley. XVII. LEÇON.

Le télescope Newtonien est composé d'un large tuyau *DDDD**, au fond duquel est fixé un miroir concave de métal *GH*, dont le foyer est vers l'autre bout, qui est ouvert. Entre ce miroir concave & son foyer, est un autre miroir de métal *IK*, plan, beaucoup plus petit que le premier, de figure ovale, incliné de 45 dégrés à l'axe du tuyau, & porté par une tige, avec laquelle il se meut en avançant & reculant suivant la longueur du tuyau. Vis-à-vis de ce petit miroir, le tuyau est percé d'un trou rond, pour recevoir un autre petit tuyau *LL* garni d'une ou de plusieurs lentilles. La place de l'œil est en *O*, où il y a une ouverture d'une

* *Fig. 14.*

XVII. LEÇON.

ligne de diamétre tout au plus. Voici quelle est la marche de la lumiére, dans cet instrument.

Il faut supposer que *A G*, *B H*, sont deux faisceaux de rayons paralléles ou très-peu divergens, qui viennent des deux extrémités opposées d'un objet qui est fort éloigné, & qui se sont croisés avant que d'entrer dans le télescope, de sorte que *A G* vient de la partie supérieure, & *B H* de la partie inférieure de cet objet. Dès que ces jets de lumiére tombent sur les parties *G*, *H*, du miroir concave, les rayons qui les composent, de paralleles qu'ils sont ou à peu-près, deviennent convergens au foyer *F*, comme on l'a vu dans la Catoptrique; & il se formeroit en cet endroit, une image renversée de l'objet, sans l'interposition du petit miroir *IK*, qui arrête & réfléchit ces pyramides de lumiére, vers le trou latéral *L L*; d'où il arrive, que l'image est transposée en *c d*, sans aucun autre changement, attendu que le petit miroir est plan.

De l'endroit où se forme l'image; les rayons de chaque faisceau recommencent à diverger entr'eux: en passant

ſant enſuite par la lentille *L L* dont le foyer eſt à la diſtance *c d*, ils redeviennent paralleles ; & les jets cylindriques qu'ils forment, s'avancent en convergeant vers l'œil, qui apperçoit l'image de l'objet ſous l'angle *LOL*, & par conſéquent beaucoup plus grande qu'à la vûe ſimple, mais dans une ſituation renverſée. On peut la redreſſer, en mettant dans le petit tuyau trois lentilles au lieu d'une, comme dans les téleſcopes de Dioptrique.

Afin qu'on puiſſe employer dans le tuyau *LL*, des lentilles de différens foyers, ce tuyau & le petit miroir s'avancent & ſe reculent enſemble, ſuivant la longueur du téleſcope ; par ce moyen, l'image *c d* s'approche ou s'éloigne de la lentille *L L*. Et comme on eſt obligé de regarder de côté, pour diriger avec plus de facilité l'inſtrument vers l'objet, on y joint ordinairement une lunette compoſée de deux verres, dont l'axe eſt parallele à celui du téleſcope. Le tout eſt porté ſur un pied qui ſe hauſſe & ſe baiſſe à volonté ; & le corps de l'inſtrument eſt ſoutenu par deux pivots

fixés au milieu de sa longueur, & sur lesquels il tourne, pour s'incliner autant qu'on le veut. Voyez la *Fig.* 15.

Le télescope Grégorien, tel qu'il est aujourd'hui, est aussi composé d'un gros tuyau *D D D D*, *Fig.* 16. au fond duquel est un miroir concave de métal *G H*, percé au milieu. Vers l'autre bout, est un second miroir de métal *I K* plus concave que le premier, dont le diamétre est un peu plus grand, que celui du trou qui est au milieu du grand miroir; il est porté par une tige qui tient au tuyau, & avec laquelle il peut s'avancer & se reculer dans une coulisse pratiquée à cet effet. Le trou du grand miroir répond à un petit tuyau dans lequel il y a un verre plan conxeve *L l*, & un autre *M m* qui est taillé en ménisque ou en lentille; & l'ouverture du côté de l'œil en *O*, est un très-petit trou rond.

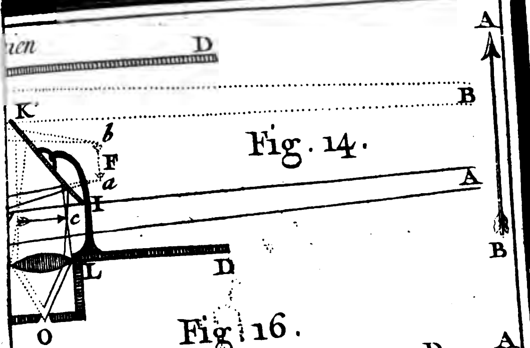
Pour entendre comment les images se forment dans cet instrument, il faut encore supposer, comme on l'a fait ci-dessus, pour le télescope Newtonien, que *A G*, *B H*, sont des faisceaux de rayons qui viennent des extrêmités opposées d'un objet très-

éloigné, & qui se sont croisés avant que d'entrer dans le télescope. Les rayons presque paralleles qui composent chacun de ces jets de lumiére, étant réfléchis par le miroir concave *GH*, deviennent convergens, & font une image distincte & renversée à la distance *ab*, où est le foyer des rayons paralleles ; ensuite ils deviennent divergens, & s'avancent en cet état jusqu'au petit miroir *IK*, qui ayant son foyer un peu plus loin que la distance *ab* d'où ces rayons commencent à diverger, les rend un peu convergens après la réflection, tellement que, s'ils ne rencontroient rien dans le petit tuyau, ils iroient former une image bien au-delà de la distance *Ll*; mais pour rendre l'instrument plus court, on les reçoit là, sur un verre plan convexe qui augmente leur convergence, & qui les réunit à la distance *cd* où se forme l'image ; ensuite lorsqu'ils sont devenus divergens, on les fait passer par un autre verre qui a son foyer à la distance *cd*, ce qui fait qu'ils sont émergens par des lignes paralleles, & que les faisceaux qu'ils composent, se di-

XVII. LEÇON.

rigent de part & d'autre vers O où est l'œil, & lui font voir l'image sous l'angle *n O p*.

Le tuyau est monté sur un genouil qui tient à un support, au moyen de quoi il a tous les mouvemens imaginables. Pour faire approcher le petit miroir du grand, ou pour l'en éloigner, il y a une verge de métal qui tourne dans deux ou trois collets placés sur la longueur du tuyau & dont un bout qui est taillé en vis, enfile l'extrêmité de la tige qui porte le petit miroir ; cette verge est garnie à son autre bout d'une tête que l'on tient à la main pour la faire tourner d'un côté ou de l'autre, jusqu'à ce qu'on apperçoive l'image de l'objet bien distinctement. Ce mouvement du petit miroir est nécessaire : car quand l'objet qu'on regarde est plus éloigné, l'image s'écarte des oculaires ; & quand il est plus près, c'est tout le contraire : comme ces oculaires sont fixes, il faut que le petit miroir s'avance ou se recule, pour entretenir l'image toujours à la même distance de ces verres. C'est pour la même raison que dans les lunettes de



...ien
D
B
K
b
F
a
Fig. 14.
A
I
c
L
D
O
A
B

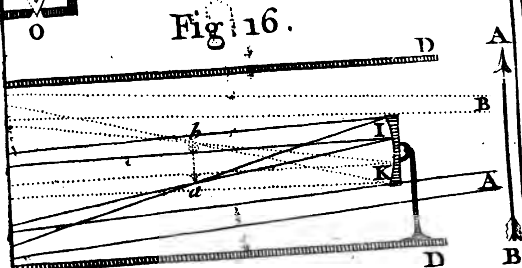


Fig. 16.
D
B
b
I
K
a
A
D
A
B
Telescope Grégorien

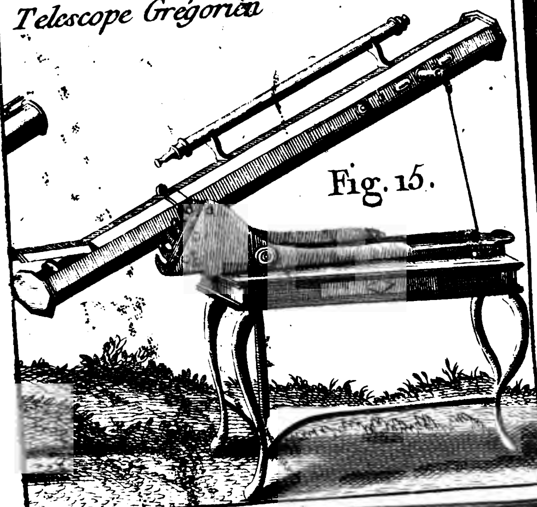


Fig. 15.

Dioptrique, le tuyau des oculaires doit se tirer davantage, pour les objets qui sont les moins éloignés.

Le télescope Grégorien que je viens de décrire, fait voir l'objet droit; puisque la derniére image *c d* que l'œil reçoit, est dans la même situation que *A B*. Il est un peu moins clair que celui de Newton, parce qu'il y a deux verres, & que la lumiére souffre d'autant plus de déchet, qu'elle a plus d'épaisseur à traverser. Mais à grandeurs égales, il grossit davantage; & bien des gens le préférent, parce qu'on place l'œil au bout, comme dans les lunettes de Dioptrique. Voyez la *Fig*, 17. qui représente un de ces instrumens qui a 15 pouces de longueur; c'est celui qui est plus en usage maintenant pour les objets terrestres.

Microscopes simples & composés.

On appelle *microscopes*, tous les instrumens qui nous font distinguer les objets imperceptibles à la vûe simple; ils nous aident à voir de près, comme les télescopes pour regarder au loin: autant ceux-ci facilitent les

XVII. LEÇON.

progrès de l'Astronomie, autant ceux-là sont avantageux à la Physique & à l'Histoire naturelle ; sans eux nous serions privés d'une infinité de découvertes & de connoissances utiles, par lesquelles se sont illustrés les Borelli, les Hook, les Malpighi, les Lewenhoek, les Reaumur, & tant d'autres grands hommes, à qui ces nouveaux organes ont dévoilé les secrets de la nature.

Les microscopes sont ou simples ou composés. Les premiers sont faits d'un petit corps transparent, de figure sphérique ou lenticulaire, & ordinairement ce petit corps est du verre. Les autres sont des assemblages de plusieurs verres, par la combinaison & l'arrangement desquels les images des objets sont amplifiées, & présentées d'une maniére commode à l'œil de l'observateur.

Si l'on veut considérer comme microscope, tout ce qui augmente la grandeur apparente des corps qu'on regarde, il faut rapporter l'invention du *microscope simple* au tems où l'on a commencé à connoître l'effet des verres lenticulaires, & c'est remonter au-

delà de 400 ans : mais comme ce nom tient pour le moins autant à l'usage qu'on a fait de cette espéce de verre, qu'à sa figure & à la propriété qui en résulte, je ne pense pas que cet instrument ait été connu comme tel, avant le commencement du dernier siecle; car il me semble qu'on ne voit point d'observations microscopiques, qui ne soient postérieures à ce temslà (*a*). Quant aux *microscopes composés*, M. Hughens dit avoir appris de témoins oculaires, que Drebbel son compatriote, en faisoit à Londres en 1621 : Fontana, dans un Ouvrage qu'il fit paroître en 1646, prétend avoir fait de ces instrumens dès 1618 ; il ne paroît pas que personne en ait fait auparavant.

C'est un fait, que plus les lentilles transparentes sont petites & convexes, plus elles ont de force pour grossir les objets : voilà pourquoi un globule de verre fondu, au bout d'une aiguille à la bougie, ou une goutte d'eau enchâssée dans un trou rond

(*a*) François Stelluti publia en 1625. la Description des parties des Abeilles, qu'il avoit examinées avec une loupe de verre.

XVII. LEÇON.

que l'on fait dans une petite lame de plomb, fait un assez bon microscope: on en comprendra la raison, en examinant ce qui se passe, quand on regarde un petit corps au travers d'une plus grande lentille; & l'on sera peut-être bien surpris de voir, que ce globule de verre & cette goutte d'eau ne sont pas microscopes, en tant qu'ils amplifient l'image de l'objet, mais seulement parce qu'ils la font voir plus clairement, & que le même objet vu par le même trou vuide, & à la même distance paroît aussi grand, que quand on le regarde à travers la goutte d'eau ou à travers le globule de verre.

Supposons l'œil placé en *C*, *Fig.* 18. vis-à-vis & tout près d'un très-petit trou percé à jour dans une lame de métal *D D*, & qu'il regarde par-là un objet placé à une petite distance, il le verra distinctement; parce que, comme le trou est fort petit, l'œil ne peut recevoir de chaque point visible de l'objet qu'un rayon simple, pour ainsi dire, & non pas comme d'ordinaire, un faisceau de rayons divergens, qui ayent besoin d'un cer-

tain dégré de réfraction, pour se réunir justement sur la rétine; l'impression d'un seul rayon est toujours distincte. La grandeur apparente de l'objet sera aussi beaucoup plus grande; car il sera apperçu sous l'angle *ACB* beaucoup plus grand que *ECF*, qu'on suppose être celui, sous lequel ce même objet pourroit être vu distinctement par le même œil, sans l'interposition de la lame trouée; de sorte que si la distance de l'objet à l'oeil qui regarde par le petit trou, est cent fois plus petite, que celle à laquelle il faut placer le même objet, pour le voir distinctement à vûe découverte & libre, on peut dire, que l'objet paroît alors cent fois plus grand, qu'on ne le voit ordinairement.

Mais qu'arrivera-t-il de plus, si au lieu de ce petit trou, nous supposons une lentille de verre *dd*, qui ait son foyer à la distance *ab* égale à *AB*? les rayons simples *ac*, *bc*, passeront de même à l'œil en traversant le verre, & l'angle visuel sera toujours *acb*, comme auparavant; c'est-à-dire, qu'on verra l'objet de la même grandeur que par le petit trou;

XVII. LEÇON.

mais son image dans l'oeil, sans être plus distincte, sera plus claire, parce qu'elle sera formée, non-seulement par les rayons simples *a c*, *b c*, &c. mais encore par des rayons collatéraux qui divergeant des mêmes points *a*, *b*, &c. se réfracteront dans la lentille, & en sortiront du côté de l'oeil, par des lignes paralleles aux premiers *a b*, *bc*.

C'est par cette derniére raison, que les microscopes simples font mieux qu'un petit trou à jour; mais leur pouvoir d'amplifier vient essentiellement, de ce que par leur moyen on peut voir distinctement, à une très-petite distance de l'oeil. Si l'on veut donc sçavoir combien de fois grossit une lentille, il n'y a qu'à comparer la longueur de son foyer, avec la distance à laquelle on verroit distinctement l'objet, à la vûe simple; si ces deux quantités, par exemple, sont comme $\frac{1}{2}$ ligne & 8 pouces, on peut dire que la lentille grossit 192 fois, parce qu'une $\frac{1}{2}$ ligne est $\frac{1}{192}$ de 8 pouces.

Le microscope simple ne grossissant donc l'apparence des objets, qu'autant qu'ils sont extrêmement

près de lui, & qu'il est lui-même tout contre l'œil, son usage est par-là très-incommode, & même impraticable dans beaucoup d'occasions, parce qu'il y a quantité d'objets auxquels on ne peut pas l'appliquer, & qu'il est toujours très-difficile d'éclairer suffisamment ceux qu'on veut examiner avec cet instrument. Ces inconvéniens ont fait imaginer les microscopes composés, dont le principal mérite est de faire presqu'autant d'effet que le microscope simple, avec des lentilles d'un foyer plus long; ce qui les rend d'un usage plus étendu & plus facile, sans compter, qu'avec ces instrumens on découvre d'un seul coup d'œil un plus grand nombre de points visibles.

Je n'examinerai point ici quelle est la meilleure combinaison de verres qu'on puisse employer, dans la composition du microscope, ni la grandeur de ces verres, ni leurs distances respectives; je réserve cette discussion pour un autre ouvrage dont j'ai déja parlé plusieurs fois: il me suffira de suivre ici à l'aide d'une figure, la marche des rayons de la lumiére

XVII. LEÇON. dans un microscope à trois verres; c'est celui qui est aujourd'hui le plus en usage.

* Fig XIX

Soit donc un objet *AB**, placé un peu plus loin que le foyer de la lentille *c*, & suffisamment éclairé; les rayons divergens qui partent de tous les points visibles, comme *Ad*, *Ae*, ou *Bd*, *Be*, & qui couvrent toute la surface antérieure de la lentille, après avoir souffert les réfractions ordinaires, deviennent émergens, par des lignes un peu convergentes *ef*, *dg*; de sorte que, si rien ne les arrêtoit, ces faisceaux de rayons réunis formeroient une image renversée, à la distance *E*.

Mais ces jets de lumiére étant reçus par la lentille *D*, de divergens qu'ils étoient, deviennent convergens entr'eux; & les rayons qui les composent, devenant plus convergens qu'ils ne l'étoient, se croisent & forment à peu de distance de-là, l'image renversée *a b*.

Cette image étant au foyer d'une troisiéme lentille *F*, les rayons divergens qui partent des points *a*, *b*, &c. en passant par ce verre, se disposent parallélement entr'eux, for-

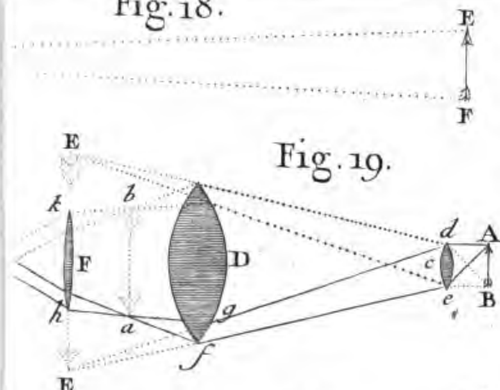
ment des jets qui tendent à se réunir en Q où se place l'œil, & font voir l'image *ab*, sous l'angle *kOh*, sans comparaison plus grand, que *AOB*, qui est celui de la vûe simple.

Les plus grands avantages qu'on puisse procurer à ces instrumens, sont, d'être applicables à toutes sortes d'objets, d'être bien éclairés, & de pouvoir être maniés commodément. Il seroit impossible & superflu de dire ici tout ce qu'on a tenté jusqu'à présent, pour remplir ces conditions: chacun a varié la monture du microscope, suivant son génie & ses vûes; la plûpart des Artistes, pour en augmenter le prix, l'ont chargé de tant de superfluités & d'ornemens déplacés, qu'il faut, pour s'en servir, une étude particuliére, que peu de gens veulent se donner la peine de faire. Voici ce que j'y trouve d'essentiel.

Pour comprendre toutes sortes d'objets, il faut que le microscope puisse s'appliquer également à ceux qui sont transparens, & à ceux qui sont opaques. Il est donc à propos pour les premiers, que l'instrument

puisse se tenir dans une situation à peu près horisontale, afin que le jour y entre, comme dans une lunette; ou, ce qui est encore mieux, qu'il y ait à quelque distance sous la lentille objective, un miroir qui s'incline à volonté, pour prendre la lumiére du jour, ou d'une bougie, & la réfléchir sous l'objet qu'on observe. Quant aux corps opaques, on les illumine en rassemblant la lumiére dessus par le moyen d'un miroir, ou d'un verre lenticulaire disposé convenablement pour cet effet.

La plus grande difficulté qui se rencontre dans l'usage du microscope, c'est de placer l'objet à la distance précise, à laquelle il convient qu'il soit de la lentille objective; il faut que cela se fasse par des mouvemens très-aisés à mesurer, sur-tout quand le verre est d'un foyer fort court; & c'est en quoi la plupart des Artistes réussissent le moins; ou le plus souvent, cet avantage est compensé par des défauts qui en diminuent bien le mérite. Ce qui s'est pratiqué de mieux jusqu'à présent, ce sont des vis bien faites, qui font des-


Fig. 18.
E
F
Fig. 19.
E
k
b
F
D
d
A
c
e
B
h
a
g
f
E

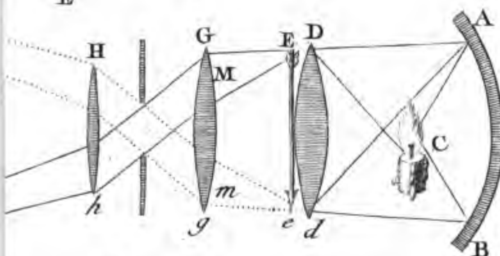

H
G
E
D
A
M
C
h
m
g
e
d
B


Fig. 20.

cendre & gliſſer également le corps du microſcope le long de ſon portant.

Un microſcope qui n'auroit qu'une lentille objective, ne pourroit ſervir qu'à des objets d'une certaine grandeur ; il faut qu'il y en ait pluſieurs de différentes forces qu'on puiſſe placer ſucceſſivement au bout du tuyau : mais je trouve auſſi, qu'il eſt inutile d'en avoir un ſi grand nombre ; trois ou quatre ſuffiſent pour l'obſervateur le plus exact & le plus occupé. Si l'on eſt curieux de connoître la forme extérieure des microſcopes dont je me ſers le plus, on peut jetter les yeux ſur la *Fig.* 6e. de la premiére Leçon, *Tome I.* & ſur la *Fig.* 20e, gravée ci après.

Lanterne Magique, & Microſcope Solaire.

LA Lanterne magique eſt un de ces inſtrumens, qu'une trop grande célébrité a preſque rendu ridicules aux yeux de bien des gens. On la promene dans les rues, on en divertit les enfans & le peuple ; cela prouve, avec le nom qu'elle porte, que ſes effets ſont curieux & ſurprenans :

XVII. LEÇON.

& parce que les trois quarts de ceux qui les voyent, ne sont pas en état d'en comprendre les causes, quand on les leur diroit, est-ce une raison pour se dispenser d'en instruire les personnes qui peuvent les entendre ? Si le grand Newton s'est occupé sérieusement à soufler des globes creux, avec de l'eau chargée de savon, n'est-ce point une leçon qui nous apprend, qu'aux yeux d'un Philosophe rien ne doit paroître puérile, quand on en peut tirer des instructions?

Nous tenons la Lanterne magique du Pere Kirker, Jésuite Allemand, qui joignoit à un grand sçavoir une sagacité singuliére, & un génie fort inventif. La propriété de cette machine est de faire paroître en grand, sur une muraille blanche, ou sur une toile tendue dans un lieu obscur, des figures peintes en petit, sur des morceaux de verre mince, & avec des couleurs bien transparentes.

Pour cet effet, on éclaire fortement par derriére le verre peint, qu'on peut appeller *porte-objets*, & l'on place par-devant, à quelque distance

distance l'un de l'autre, deux verres lenticulaires qui rassemblent sur la toile, ou sur la muraille, les rayons divergens qui partent de chaque point de l'objet, & qui laissent diverger entr'eux, tous les pinceaux de lumiére formés par ces rayons : rendons ceci sensible par une figure.

A B, *Fig.* 21. est un miroir concave de métal ou de glace. *C*, est la flamme d'une très-grosse chandelle, ou d'une lampe, placée un peu plus près du miroir, que le foyer des rayons paralleles. *D d* est un verre convexe des deux côtés, & plus large que le porte-objet *E e*, qui est immédiatement après. A quelque distance delà est un autre verre lenticulaire *G g* ; & un peu plus loin encore, un autre moins convexe *H h*, & un peu moins large.

Ces deux derniers verres sont mobiles dans un gros tuyau, afin qu'on puisse les éloigner & les approcher l'un de l'autre, autant qu'il est nécessaire pour rendre l'image distincte sur la toile. Ce tuyau est attaché au-devant d'une boîte quarrée dans laquelle on renferme le miroir, la

XVII. LEÇON.

lampe & le premier verre lenticulaire; de sorte qu'il ne passe de lumiére dans la chambre, que celle qui vient au travers du verre peint. Tout étant ainsi disposé, si la figure qui est peinte se trouve renversée, comme *E e*, elle paroît sur la muraille amplifiée & droite comme *K L*.

On produit le même effet, & d'une maniére beaucoup plus belle, en faisant tómber derriére le verre peint, un gros rayon solaire, par le moyen d'un miroir placé en dehors d'une fenêtre; mais afin que cette lumiére se distribue plus également, il faut mettre un morceau de papier huilé en place du verre convexe *D*, qui doit être supprimé, ainsi que la lampe & le miroir concave.

L'objet *E e* étant transparent & fortement illuminé par derriére, laisse passer dans la chambre, par tous les points visibles de sa surface, des faisceaux de rayons divergens, comme *E M*, *em*, lesquels faisceaux sont inclinés entr'eux vers le verre lenticulaire *G g*. Ce verre produit deux effets: il augmente la convergence des faisceaux, qui se croisent

bientôt après, & il diminue jusqu'au parallélisme, la divergence des rayons qui les composent. Enfin toute cette lumiére passant encore à travers la lentille *H h*; les faisceaux continuent de diverger entr'eux, & les rayons dont ils sont formés, se rassemblent dans des points *K*, *L*, &c. sur la muraille ou sur la toile; & comme ces faisceaux de lumiére se sont croisés entre les deux verres lenticulaires *Gg*, *Hh*, ils tracent l'image en sens contraire de l'objet d'où ils sont partis. Pour rendre l'image plus distincte, on met entre les deux verres *G*, *H*, où les rayons se croisent, un anneau de bois ou de carton, dont l'ouverture est telle, qu'elle ne laisse passer que la lumiére nécessaire, & réguliérement réfractée par la lentille *G*. Voyez la *Fig*. 22. qui représente toute la machine & son effet dans l'obscurité.

Ordinairement les verres peints qui servent d'objets aux Lanternes magiques, sont des bandes qui ont 8 ou 10 pouces de longueur, & que l'on fait glisser par une coulisse pratiquée auprès du verre *D d*, à l'endroit où est

XVII. LEÇON.

attaché le tuyau qui porte les deux lentilles *Gg*, *Hh*, & ces bandes de verre sont simples. Mais dans un voyage que je fis en Hollande en 1736, M. Muschenbroek m'en fit avoir d'autres que je trouvai bien imaginés, en ce que les figures y ont des mouvemens qui semblent les animer. L'une est un moulin à vent dont les ailes tournent: l'autre est une femme qui fait la révérence en passant: dans un autre, c'est une mâchoire qui se meut, ou un cavalier qui ôte son chapeau, & qui le remet, &c. On peut voir dans les Essais de Physique de M. Muschenbroek, * comment toutes ces petites manœuvres s'exécutent; je dirai seulement en général, que cela se fait par le moyen de deux morceaux de verre, dont l'un enchâssé dans un morceau de planche percée à jour, porte une partie de la figure, & l'autre placé par-dessus, & qui n'est chargé que de la partie mobile, se met en mouvement par le moyen d'un cordon, ou d'une petite regle qui glisse dans une coulisse, pratiquée dans l'épaisseur de la planche.

* P. 623. in-4°.

En 1743, il nous vint de Londres

un nouvel instrument d'optique sous le nom de *microscope solaire* inventé, peu de tems auparavant, par M. Liéberkuyn de l'Académie Royale des Sciences de Berlin; c'est à proprement parler, une lanterne magique, éclairée par la lumiére du Soleil, & dont le porte-objet, au lieu d'être peint, n'est qu'un petit morceau de verre blanc, que l'on charge d'une goutte de liqueur dans laquelle il y a des insectes, de quelques poussieres, ou autres corpuscules transparens: il y a encore cette différence, (qui n'est point essentielle) qu'au lieu des deux lentilles *G*, *H*, *Fig.* 21, il n'y en a qu'une, d'un foyer fort court.

Supposez donc une chambre bien fermée & bien obscure, qui ait une fenêtre au midi, ou à peu près, qu'il y ait un trou au volet, pour introduire un gros rayon du Soleil par le moyen du miroir *A B*, *Fig.* 23. placé en dehors; qu'au trou de la fenêtre, soit ajusté un tuyau garni d'une lentille de verre *C*, dont le foyer soit à 8 ou 9 pouces de distance. Le petit verre *D* qui porte l'objet étant placé dans ce jet de lumiére vive, si l'on

XVII. LEÇON.

approche la lentille *E*, de maniére que le porte-objet soit un peu plus loin que son foyer, tout ce qui est dessus paroît prodigieusement amplifié sur une muraille, ou sur une toile blanche élevée verticalement, à 10 ou 12 pieds de distance vers le fond de la chambre; & ce qu'il y a de singulier, c'est que les images sont distinctes à toutes sortes de distances de la lentille.

Pour bien entendre la raison de cet effet, il faut sçavoir que la lentille *E* est couverte du côté de l'objet, avec une petite lame de plomb mince, qui n'a d'autre ouverture qu'un trou percé au milieu, comme celui que pourroit faire une épingle; cela fait que les jets de lumiére qui partent des différens points de l'objet, & qui viennent se croiser dans ce petit trou, restent dans toute leur longueur, comme des rayons simples & fort vifs: ils sont capables par ces deux raisons, de tracer distinctement les images à différentes distances; & parce qu'ils se sont croisés dans la lentille, ils peignent sur le haut de la toile, ce qui est placé en bas sur le

petit verre blanc qui porte les objets.

Le microscope solaire est encore plus curieux & plus intéressant que la lanterne magique. Une puce écrasée sur le porte-objet, se voit grosse comme un mouton ; les poussiéres de papillon ressemblent à des feuilles d'œillet ; un cheveu paroît gros comme un manche à balai ; & les plus petits insectes, qu'on puisse saisir avec la pointe d'une aiguille dans les eaux croupies, se présentent avec des formes & des variétés qu'on ne se lasse point d'admirer ; mais rien n'est si beau que la circulation du sang, observée avec cet instrument dans le mésentere d'une petite grenouille, ou dans la queue d'un testard ; on diroit voir une carte de Géographie, dont toutes les riviéres seroient animées par un écoulement réel.

Mais comme l'objet est au foyer d'un verre convexe, il peut y être exposé à un dégré de chaleur qui le desseche trop vîte, ou qui le fasse périr ; quand on craint cet accident, il faut couvrir une partie du verre lenticulaire, ou placer l'objet un peu plus près, ou un peu plus loin que le vrai foyer.

XVII. LEÇON. Dès les premiéres épreuves que je fis du microscope solaire, il me parut propre à étendre les progrès de l'Histoire Naturelle, par la facilité qu'il donne de voir en grand, & de dessiner certaines parties des animaux & des végétaux, qui peuvent acquérir une transparence suffisante, par la macération ou autrement. Mais cet instrument, tel qu'il m'est venu d'Angleterre me laissoit quelque chose à désirer : il n'étoit pas d'un usage commode pour toutes sortes d'objets, & il étoit d'un prix assez haut, pour faire craindre que tous ceux qui seroient en état de s'en servir utilement, ne pussent l'acquérir sans s'incommoder. Je m'appliquai donc à simplifier sa construction, & à la rendre telle cependant, qu'on pût examiner tout ce qu'on voudroit : celui qui est représenté par la *Fig.* 24. a ce dernier avantage ; & l'ouvrier qui les fait & qui les débite, ne les vend que quarante-huit livres, argent de France (*a*).

(*a*) Je dois avertir ici que depuis la premiére Edition de ce volume, j'ai remarqué que ces instrumens dont toutes les piéces étoient de bois

A B C,

ABC *Fig.* 24. eſt une planche quarrée, dont chaque côté a 7 à 8 pouces. Elle eſt percée aux quatre coins, pour recevoir 4 vis, avec leſquelles on l'attache ſur le volet de la fenêtre, où il y a un trou rond de 5 à 6 pouces de diamétre. XVII. LEÇON.

Au milieu de cette planche qui fait partie du volet, quand elle y eſt attachée, eſt un trou rond dans lequel tourne librement le tuyau *D*, qui porte à l'une de ſes extrêmités le cercle de bois plat *Ee*.

Ce cercle eſt percé au milieu, pour recevoir un verre lenticulaire qui a près de deux pouces de diamétre, & 9 pouces de foyer; & ſur les bords ſont fixées deux régles de métal *Ff*, qui portent en avant le miroir *G g*.

Ce miroir, qui eſt en dehors de la fenêtre, & qui ſert à jetter la lumiére du Soleil ſur le verre lenticulaire dont je viens de parler, peut ſe tourner à droite ou à gauche avec le tuyau *D*, s'incline plus ou moins quand on tire, ou quand on pouſſe

perdoient quelquefois la liberté de leurs mouvemens, j'ai mieux aimé augmenter la dépenſe d'un tiers pour les rendre plus ſolides.

XVII. LEÇON.

la petite lame *H*, qui répond dans la chambre; de sorte que par ces deux mouvemens, on peut toujours le présenter convenablement au Soleil, pour faire tomber la lumiére de cet astre dans la direction du tuyau *D*.

K est un autre tuyau qui glisse dans le premier, & au bout duquel est fixée une petite platine de bois dur, ou de buis, au centre de laquelle il y a un trou rond de 4 à 5 lignes de diamétre, & au-dessous, une espéce de pince plate, dans laquelle s'engage le verre qui sert de porte-objet; de maniére, que ce que l'on a dessein de voir, se trouve vis-à-vis du trou, & que le trou, lorsqu'on fait avancer le tuyau, se met lui-même au foyer du grand verre convexe.

La platine de bois dont je viens de parler, a une queue qui porte deux petits bouts de tuyau de cuivre qui font ressort, & dans lesquels glissent deux petites tiges d'acier, aux bouts desquelles est fixé le porte-lentille *I*; ainsi, en appuyant doucement avec le doigt, on fait approcher la lentille de l'objet, autant qu'il est nécessaire, pour voir distinctement les ima-

ges, sur la toile qui est au fond de la chambre.

Cette construction a cela de commode, qu'on peut placer l'objet tout à son aise, & appercevoir quand le rayon solaire tombe en plein sur le petit trou de la lame de plomb qui couvre la lentille : ce qui met l'usage de cet instrument à la portée de tout le monde.

Voilà quels sont les instrumens d'optique les plus connus & les plus usités. Ce que j'en ai dit ne suffiroit pas sans doute, pour quiconque voudroit les construire ou les perfectionner : dans cet Ouvrage qui est purement élémentaire, j'ai cru devoir me borner au seul dessein d'en faire comprendre les effets.

Fin du cinquième Volume.



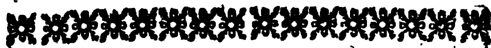


TABLE DES MATIERES

Contenues dans ce Volume.

XV. LEÇON.

Sur la Lumiere.

I. SECTION.

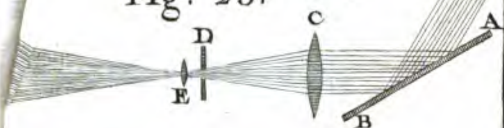

Fig. 23.
D
C
A
E
B


Fig. 24.
A
G
E
B
I
K
D
F
f
e
g
H
C


ig. 22.

II. SECTION.

Des directions que suit la lumiére dans ses mouvemens. 57.

XVI. LEÇON.

Sur la Lumiére.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles sont réfléchis par un miroir concave. 211.

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergens entr'eux sont réfléchis par un miroir concave. 212.

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergens dans leur incidence sont réfléchis par un miroir concave. ibid.

Remarques sur les miroirs mixtes.

Loix de la réfraction de la lumiére.

PREMIER CAS.

SECOND CAS.

TROISIÈME CAS.

SEPTIEME CAS.

HUITIEME CAS.

NEUVIEME CAS

XVII. LEÇON.

Suite des Propriétés de la Lumiére.

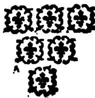
III. SECTION.

De la lumiére décomposée, ou de la nature des Couleurs.

IV. SECTION,

Sur la vision & sur les instrumens d'Optique.

Fin de la Table des Matiéres du Tome cinquiéme.



Le Privilége est dans les précédens Volumes.